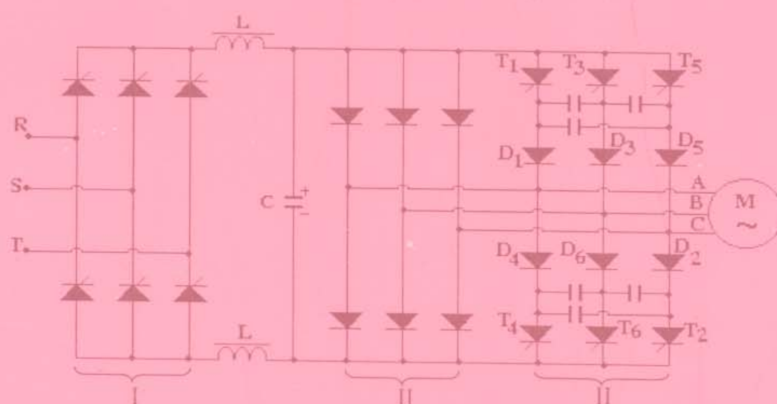
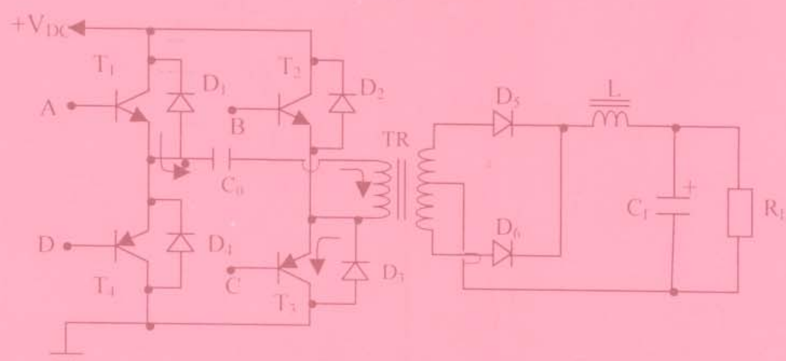
NGUYỄN TẤN PHƯỚC
KS Điện - Điện tử
CH Điều khiển tự động

NGUYỄN MẠNH HÙNG
TS Khoa học

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT







NHÀ XUẤT BẢN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

NGUYỄN TẤN PHƯỚC
KS Điện - Điện tử
CH Điều khiển tự động

NGUYỄN MẠNH HÙNG
TS Khoa học

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

NHÀ XUẤT BẢN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

NGUYỄN TẤN PHƯỚC

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TRẦN ĐÌNH VIỆT

Biên tập : **TRUNG HIẾU**

Sửa bản in: **NGÔ YẾN**

Trình bày: **TRẦN NGỌC THÁI**

Bìa: **NGUYỄN TẤN PHƯỚC**

NHÀ XUẤT BẢN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

62 Nguyễn Thị Minh Khai - Q.1

Điện thoại:8225340-8296764-8220405-8296713-8223637

Fax:84.8.8222726 * **Email**:nxbtphcm@bdvn.vnd.net

☆☆☆☆☆

Thực hiện liên doanh: **NGUYỄN TẤN PHƯỚC**

In lần thứ : 01 Số lượng: 1000 cuốn, Khổ: 19 x 27cm

Tại nhà in: Xí nghiệp in số 5

GPXB số: 226–121/XB-QLXB ngày 6 – 3 - 2002

In xong và nộp lưu chiểu tháng 7 năm 2003

LỜI NÓI ĐẦU

Những thập niên 70-80 của thế kỷ XX, kỹ thuật điện tử chỉ được ứng dụng trong những mạch điều khiển, đo lường, khống chế, bảo vệ... các hệ thống điện công nghiệp (gọi là điện tử công nghiệp).

Đến thập niên 90 của thế kỷ XX, kỹ thuật điện tử đã ứng dụng khá rộng rãi và thành công trong việc thay thế các khí cụ điện từ dùng để đóng ngắt cung cấp nguồn cho những phụ tải một pha, ba pha công suất lớn trong công nghiệp.

Từ những ứng dụng thành công này trong thực tế sản xuất, môn Điện tử công suất đã được đưa vào chương trình học của các ngành Điện - Điện tử - Điện tử công nghiệp - Tự động hoá ở hầu hết các trường Trung học - Cao đẳng - Đại học kỹ thuật.

Giáo trình Điện tử công suất là quyển thứ 4 trong bộ sách Kỹ thuật Điện tử công nghiệp gồm 5 quyển là:

1- Linh kiện điều khiển (xuất bản 1998)

2- Kỹ thuật xung căn bản và nâng cao (xuất bản 2002)

3- Điện tử ứng dụng trong công nghiệp – Tập 1 (xuất bản 2001)

4- Điện tử công suất (xuất bản 2003)

5- Điện tử ứng dụng trong công nghiệp – Tập 2 (sẽ xuất bản 2004)

Hy vọng rằng giáo trình Điện tử công suất sẽ là tài liệu học tập, tham khảo hữu ích cho các bạn học sinh, sinh viên, giáo viên kỹ thuật Điện – Điện tử cũng như những cán bộ kỹ thuật của các xí nghiệp công nghiệp, đối với một lĩnh vực còn khá mới mẽ và đang phát triển mạnh tại Việt nam.

Rất mong nhận được sự góp ý của bạn đọc để sách ngày càng được hoàn thiện hơn trong những lần xuất bản sau.

Ngày 28 tháng 5 năm 2003

Tác giả

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Mục lục

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1- Linh kiện điều khiển – Điện một chiều công nghiệp
Nguyễn Tấn Phước, NXB Thành phố Hồ Chí Minh 2000

2- Kỹ thuật xung căn bản và nâng cao
Nguyễn Tấn Phước, NXB Thành phố Hồ Chí Minh 2002

3- Điện tử ứng dụng trong công nghiệp – Tập 1
Nguyễn Tấn Phước, NXB Thành phố Hồ Chí Minh 2001

4- Tự động hoá với PLC và Inverter của Omron
Nguyễn Tấn Phước, NXB Thành phố Hồ Chí Minh 2003

5- L' électronique de puissance
Guy Séguier, Dunod 1985

6- Điện tử công suất
Nguyễn Bính, NXB Khoa học Kỹ thuật 1992

CHƯƠNG 1

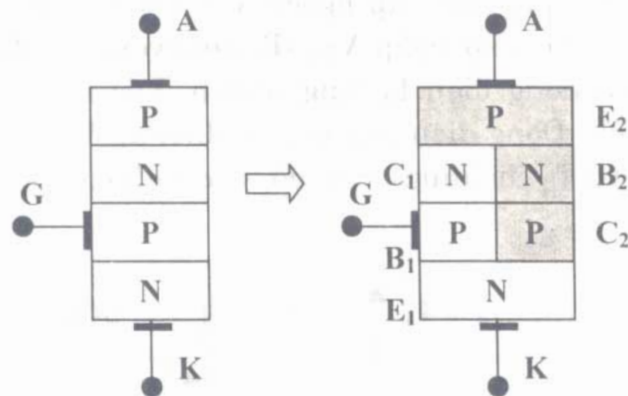
THYRISTOR

§ 1.1- CẤU TẠO

Thyristor còn được viết tắt là SCR (Silicon Controlled Rectifier: bộ nắn điện được điều khiển làm bằng chất silicon).

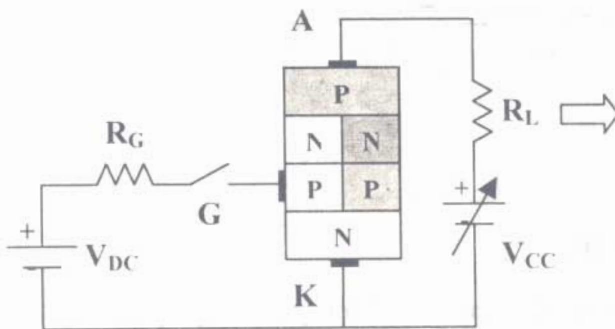
SCR gồm có bốn lớp bán dẫn khác loại PN ghép nối tiếp nhau và được nối ra ba chân:

_ A: anod (dương cực) _ K: catod (âm cực) _ G: gate (cực cửa)

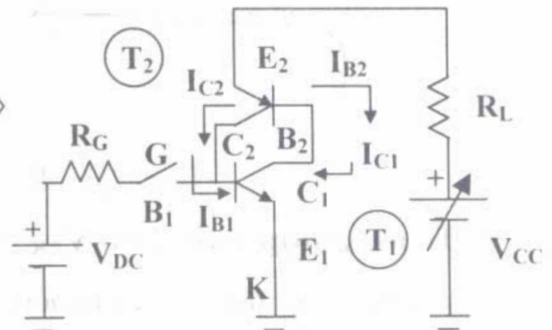


Hình1.1: Cấu tạo của SCR

§ 1.2- NGUYÊN LÝ VẬN CHUYỂN CỦA SCR



Hình 1.2a



Hình 1.2b

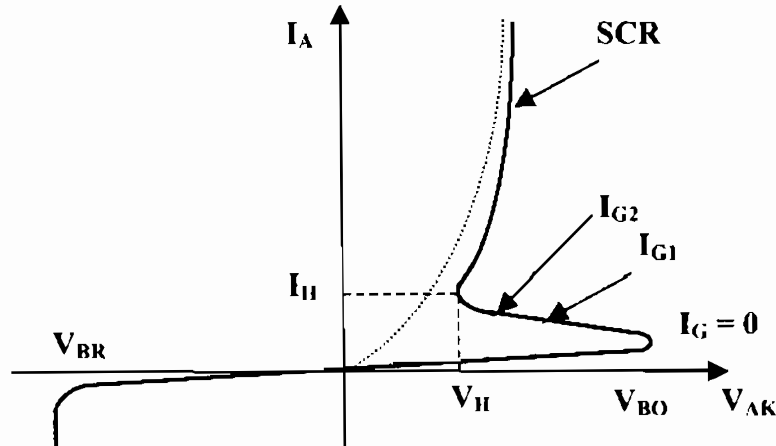
Để phân tích nguyên lý vận chuyển của SCR, người ta có thể xem SCR như hai transistor, gồm một transistor PNP và một transistor NPN, ghép lại theo kiểu, cực C của NPN nối với cực B của PNP và ngược lại, cực C của PNP nối cực B của NPN. Xét mạch tương đương hình 1.1.

Mạch điện hình 1.2b là mạch thí nghiệm được vẽ theo kiểu xem SCR như hai transistor, gọi T_1 là transistor NPN và T_2 là transistor PNP.

1. Trường hợp cực G để hở hay $V_G = 0V$

Khi cực G có $V_G = 0V$ có nghĩa là transistor T_1 không có phân cực ở cực B_1 nên T_1 ngưng dẫn. Khi T_1 ngưng dẫn, $I_{B1} = 0$, $I_{C1} = 0$ nên $I_{B2} = 0$ và T_2 cũng ngưng dẫn. Như vậy, trường hợp này SCR không dẫn điện được, dòng điện qua SCR là $I_A = 0$ và $V_{AK} \cong V_{CC}$.

Tuy nhiên, khi tăng điện áp nguồn V_{CC} lên mức đủ lớn làm điện áp V_{AK} tăng theo đến điện áp ngập V_{B0} (Break-over) thì điện áp V_{AK} giảm xuống như diod và dòng điện I_A tăng nhanh. Lúc này SCR chuyển sang trạng thái dẫn điện. Dòng điện ứng với lúc điện áp V_{AK} bị giảm nhanh gọi là dòng điện duy trì I_H (holding). Sau đó, đặc tính của SCR giống như một diod nắn điện.



Hình 1.3: Đặc tuyến I_A/V_{AK}

2. Trường hợp cực G có $V_{AK} > 0V$

Khi đóng công tắc để cấp nguồn V_{DC} cho cực G (được giảm áp qua R_G.) thì SCR dễ chuyển sang trạng thái dẫn điện. Lúc này transisto T_1 được phân cực ở cực B_1 nên dòng điện I_G vào cực cổng chính là I_{B1}, làm T_1 dẫn ra I_{C1} chính là dòng điện I_{B2}. Lúc đó, T_2 cũng dẫn điện và cho ra dòng

điện I_{C2}, dòng điện I_{C2} lại cung cấp ngược lại cho T_1 và $I_{C2} = I_{B1}$. Nhờ đó mà SCR sẽ tự duy trì trạng thái dẫn mà không cần có dòng I_G liên tục.

Ta có:

$$I_{C1} = I_{B2} \text{ và } I_{C2} = I_{B1}$$

Theo nguyên lý này, dòng điện qua hai transistor sẽ được khuếch đại lớn dần và hai transistor dẫn ở trạng thái bão hòa. Khi đó, điện áp V_{AK} giảm rất nhỏ (≅ 1V) và dòng điện qua SCR là:

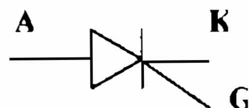
$$I_A \cong \frac{V_{CC} - V_{AK}}{R_L} \cong \frac{V_{CC}}{R_L}$$

Qua thực nghiệm cho thấy khi dòng điện cung cấp cho cực G càng lớn thì điện áp ngập V_{B0} càng thấp, tức là SCR càng dễ dẫn điện. Hình 1.3 là đặc tính của SCR với ba trường hợp $I_G = 0$ và $I_{G2} > I_{G1} > 0$.

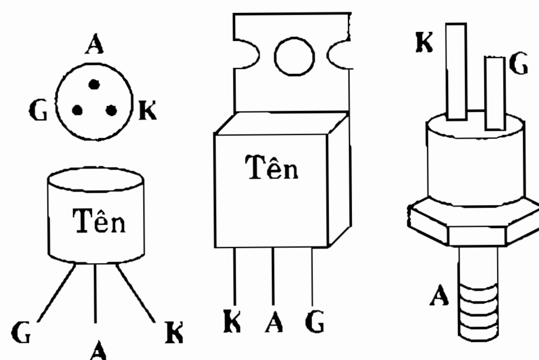
3. Trường hợp phân cực ngược SCR

Phân cực ngược SCR là nối cực A vào cực âm và cực K vào cực dương của nguồn V_{CC}. Trường hợp này giống như một diod bị phân cực ngược, SCR sẽ không dẫn điện mà chỉ có dòng điện rỉ rất nhỏ đi qua. Khi tăng điện áp ngược lên đủ lớn thì SCR sẽ bị đánh thủng và dòng điện qua theo chiều ngược. Điện áp ngược để đủ đánh thủng SCR là V_{BR}. Thông thường trị số V_{BR} và V_{B0} bằng nhau và ngược dấu.

§ 1.3- KÝ HIỆU VÀ HÌNH DÁNG CỦA SCR



Hình1.4a: Ký hiệu của SCR



Hình1.4b: Các loại SCR thông dụng

§ 1.4- CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA SCR

Khi sử dụng SCR phải biết các thông số kỹ thuật quan trọng để tránh làm hư SCR do sử dụng sai hay do vượt quá các giới hạn cho phép.

1. Dòng điện thuận cực đại: I_{Amax} hay I_{Fmax}

Đây là trị số dòng điện I_A cực đại qua SCR mà SCR có thể chịu đựng liên tục, quá trị số này SCR sẽ bị hư. Khi SCR đã dẫn điện, V_{AK} khoảng 1V nên dòng điện thuận qua SCR có thể tính theo công thức:

$$I_A \cong \frac{V_{CC} - 1V}{R_L}$$

2. Điện áp ngược cực đại : V_{BR}

Đây là điện áp ngược lớn nhất có thể đặt vào giữa A và K mà SCR chưa bị đánh thủng, nếu vượt qua trị số này SCR sẽ bị phá hủy. Điện áp ngược cực đại của SCR thường khoảng 100V đến 1000V.

3. Dòng điện kích cực G cực tiểu: I_{Gmin}

Để SCR có thể dẫn điện trong trường hợp điện áp V_{AK} thấp thì phải có dòng điện kích cho cực G của SCR. Dòng I_{Gmin} là trị số dòng kích nhỏ nhất đủ để điều khiển SCR dẫn điện. Dòng I_{Gmin} có trị số lớn hay nhỏ tùy thuộc công suất của SCR, nếu SCR có công suất càng lớn thì I_{Gmin} phải càng lớn. Thông thường I_{Gmin} từ 1mA đến vài chục mA.

4. Thời gian mở SCR : t_{on}

Là thời gian cần thiết hay độ rộng của xung kích để SCR có thể chuyển từ trạng thái ngưng sang trạng thái dẫn. Thời gian mở khoảng vài micrô giây.

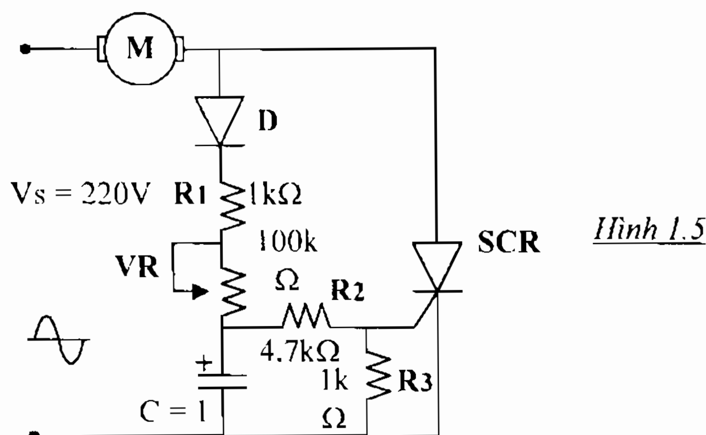
5. Thời gian tắt : t_{off}

Theo nguyên lý, SCR sẽ tự duy trì trạng thái dẫn điện sau khi được kích. Muốn SCR đang ở trạng thái dẫn chuyển sang trạng thái ngưng thì phải cho $I_G = 0$ và cho điện áp $V_{AK} = 0$. Để SCR có thể tắt được thì thời gian cho $V_{AK} = 0V$ phải đủ dài, nếu không, khi V_{AK} tăng lên cao lại ngay thì SCR sẽ dẫn điện trở lại. Thời gian tắt của SCR khoảng vài chục micrô giây.

§ 1.5- ỨNG DỤNG CỦA SCR

1. Mạch điều khiển tốc độ động cơ

Trong mạch điện hình 1.5 thì động cơ M là động cơ vạn năng - loại động cơ có thể dùng nguồn điện AC hay DC.



Hình 1.5

Dòng điện qua động cơ là dòng điện ở bán kỳ dương và được thay đổi trị số bằng cách thay đổi góc kích của dòng I_G.

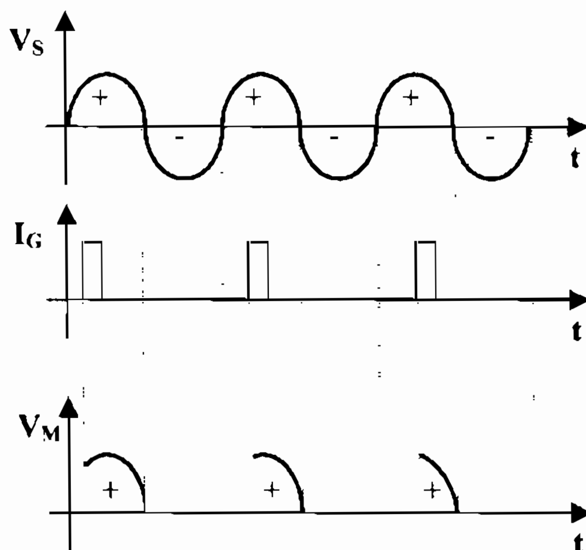
Khi SCR chưa dẫn thì chưa có dòng điện qua động cơ, diod D nắn điện bán kỳ dương nạp vào tụ qua điện trở R_1 và biến trở VR. Điện áp cấp cho cực G lấy trên tụ C và qua cầu phân áp R_2 - R_3.

Giả sử điện áp đủ để kích cho cực G là V_G = 1V và dòng điện kích I_{Gmin} =1mA thì điện áp trên tụ C phải khoảng 10V. Tụ C nạp điện qua R_1 và qua VR với hằng số thời gian là:

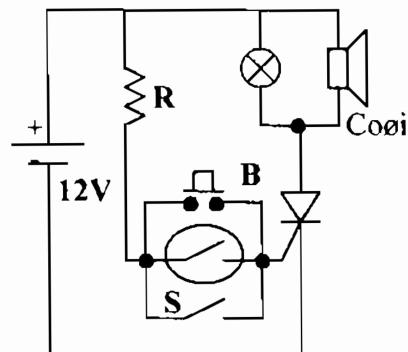
$$\tau = C\,(R_1 + VR)$$

Khi thay đổi trị số VR sẽ làm thay đổi thời gian nạp của tụ tức là thay đổi thời điểm có dòng xung kích I_G sẽ làm thay đổi thời điểm dẫn điện của SCR, tức là thay đổi dòng điện qua động cơ và làm cho tốc độ của động cơ bị thay đổi.

Khi nguồn AC có bán kỳ âm thì diod D và SCR đều bị phân cực ngược nên diod D ngưng dẫn và SCR cũng chuyển sang trạng thái ngưng.



Hình 1.6



Hình 1.7

2. Mạch báo động

Nếu SCR dùng với nguồn một chiều thì có thể ứng dụng trong các mạch báo động quá nhiệt, quá áp suất, theo ánh sáng hay báo trộm khi kẻ trộm mở cửa nhà hay cửa tủ.

Trong mạch hình 1.7, nút B là nút ấn bằng tay để ấn khi khẩn cấp, công tắc K là là công tắc tự động có thể là loại thermostat để bảo vệ quá nhiệt hay pressostat để báo quá áp suất và S là côngtắc tí hon được đặt ở các cửa nhà, cửa tủ...

Khi một trong các tiếp điểm trên đóng lại thì SCR sẽ được kích dẫn điện và duy trì trạng thái dẫn để cấp điện cho đèn báo hiệu và còi hú để báo động .

CHƯƠNG 2

DIAC - TRIAC

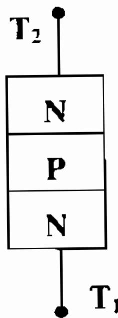
§ 2.1- DIAC

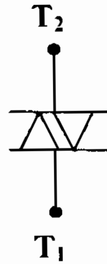
Diac được viết tắt bởi diod AC semiconductor switch (công tắc bán dẫn xoay chiều hai cực).

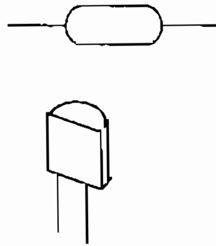
1. Cấu tạo

Diac có cấu tạo gồm ba lớp bán dẫn khác loại ghép nối tiếp như một transistor nhưng chỉ ra có hai chân nên được xem như một transistor không có cực nền. Hai cực ở hai đầu được gọi là T_1, T_2 và do tính chất đối xứng của diac nên không cần phân biệt T_1-T_2.

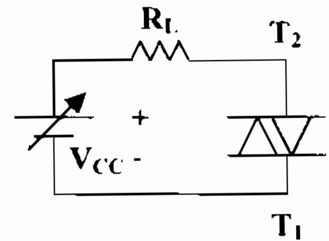
Hình 2.1 cho thấy cấu tạo và hình dạng của diac.



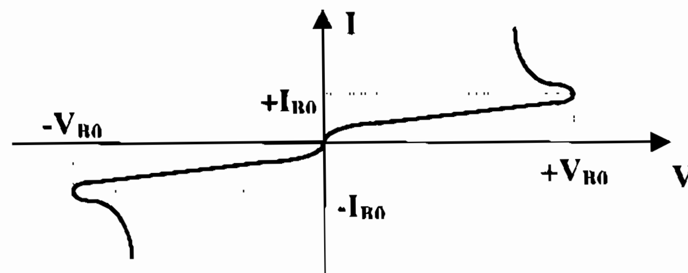




Hình 2.1



Hình 2.2



Hình 2.3

2. Nguyên lý

Xét mạch thí nghiệm hình 2.2, nguồn V_{CC} có thể chỉnh được từ thấp đến cao. Khi V_{CC} có trị số thấp thì dòng điện qua diod chỉ là dòng điện rỉ có trị số rất nhỏ. Khi tăng điện áp V_{CC} lên một trị số đủ lớn là V_{BO} thì điện áp trên diac bị giảm xuống và dòng điện tăng lên nhanh. Điện áp này gọi là điện áp ngập (Break-over) và dòng điện qua diac ở điểm V_{BO} là dòng điện ngập I_{BO}.

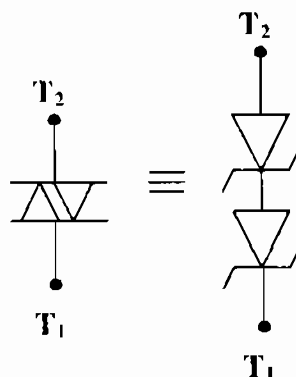
Điện áp V_{BO} có trị số trong khoảng từ 20V đến 40V. Dòng điện I_{BO} có trị số trong khoảng từ vài chục micro ampe đến vài trăm micro ampe .

Hình 2.3 cho thấy đặc tính của diac, đặc tính này hơi giống đặc tính của hai diod Zener ghép nối tiếp nhưng ngược chiều nhau như hình 2.4.

Khi có điện áp đặt vào hai chân T_1-T_2 của hai diod Zener Z_1-Z_2 thì sẽ phân cực thuận một diod Zener, cho ra điện áp $V_D \cong 0{,}7V$, và phân cực ngược diod Zener tạo ra hiệu ứng Zener cho ra điện áp V_Z.

Như vậy, điện áp V_{BO} của Z_1-Z_2 chính là:

$$V_{BO} = V_D + V_Z$$



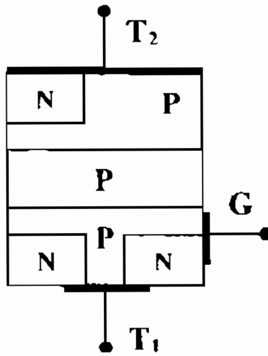
Hình 2.4

Khi đổi chiều dòng điện ngược lại thì vẫn có một Zener phân cực thuận và một Zener phân cực nghịch nên ta cũng có điện áp V_{BO} theo công thức trên.

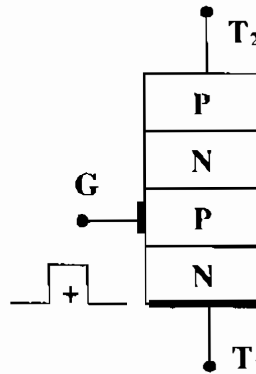
Nếu khéo chọn điện áp V_Z của Zener ta có thể tạo ra được nhiều linh kiện có đặc tính tương đương diac có nhiều cấp điện áp V_{BO} khác nhau.

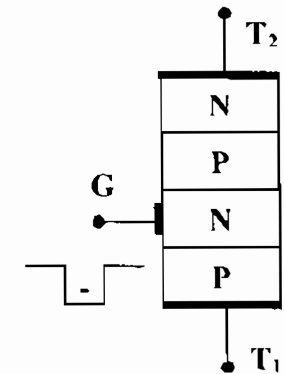
§ 2.2- TRIAC

Triac được viết tắt bởi triod AC semiconductor switch (công tắc bán dẫn xoay chiều ba cực).



Hình 2.5a



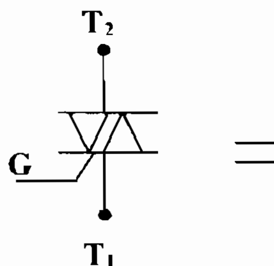


Hình 2.5b

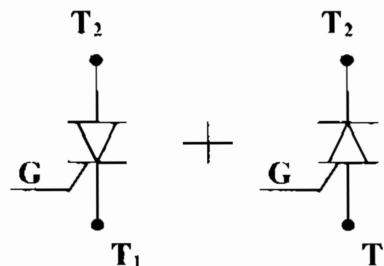
1. Cấu tạo

Về cấu tạo triac gồm các lớp bán dẫn P-N ghép nối tiếp nhau như hình 2.5a và được nối ra ba chân, hai chân đầu cuối gọi là T_1 - T_2 và một chân là cực cửa G. Hình 2.5b là cấu tạo bán dẫn tương đương của triac.

Từ cấu tạo hình 2.5, triac có ký hiệu như hình 2.6 và cũng được coi như hai SCR ghép song song và ngược chiều .



Hình 2.6a: Ký hiệu của triac



Hình 2.6b: Triac tương đương hai SCR

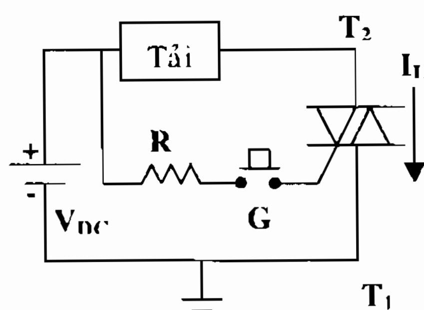
2. Nguyên lý

Theo cấu tạo, một triac được xem như hai SCR ghép song song và ngược chiều nên khi khảo sát đặc tính của triac, người ta khảo sát như thí nghiệm trên hai SCR.

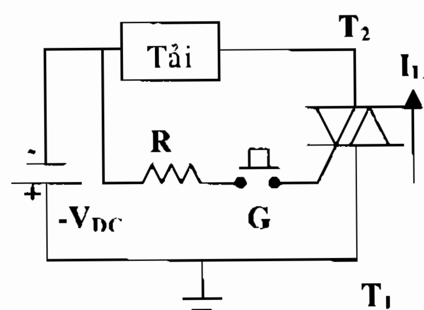
a) Khi cực T_2 có điện áp dương và cực G được kích xung dương thì triac dẫn điện theo chiều từ T_2 qua T_1 (hình 2.7a).

b) Khi cực T_2 có điện áp âm và cực G được kích xung âm thì triac dẫn điện theo chiều từ T_1 qua T_2 (hình 2.7b).

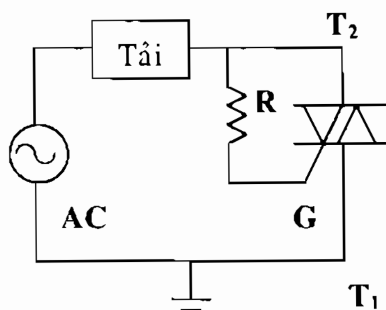
c) Khi triac được dùng trong mạch điện xoay chiều công nghiệp thì nguồn có bán kỳ dương cực G cần được kích xung dương, khi nguồn có bán kỳ âm cực G cần được kích xung âm. Triac cho dòng điện qua cả hai chiều và khi đã dẫn điện thì điện áp trên hai cực T_1-T_2 rất nhỏ nên được coi như công tắc bán dẫn dùng trong mạch điện xoay chiều (hình 2.7c) .



Hình 2.7a



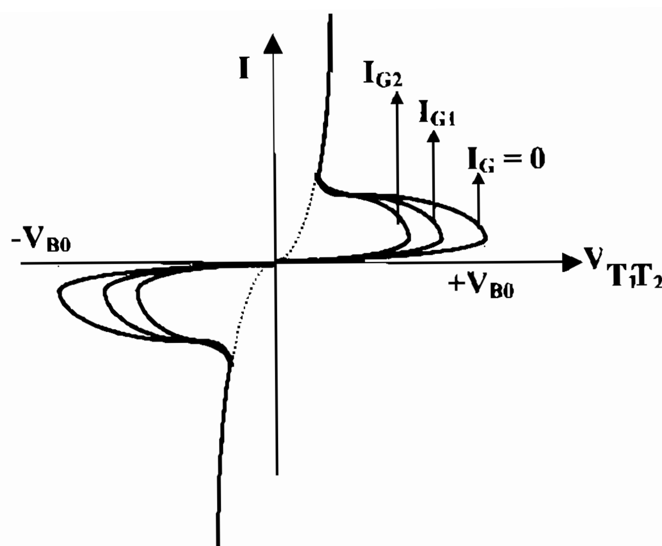
Hình 2.7b



Hình 2.7c

3. Đặc tính

Triac có đặc tính vôn ampe gồm hai phần đối xứng nhau qua điểm O. Hai phần này giống như đặc tuyến của SCR mắc ngược chiều nhau.

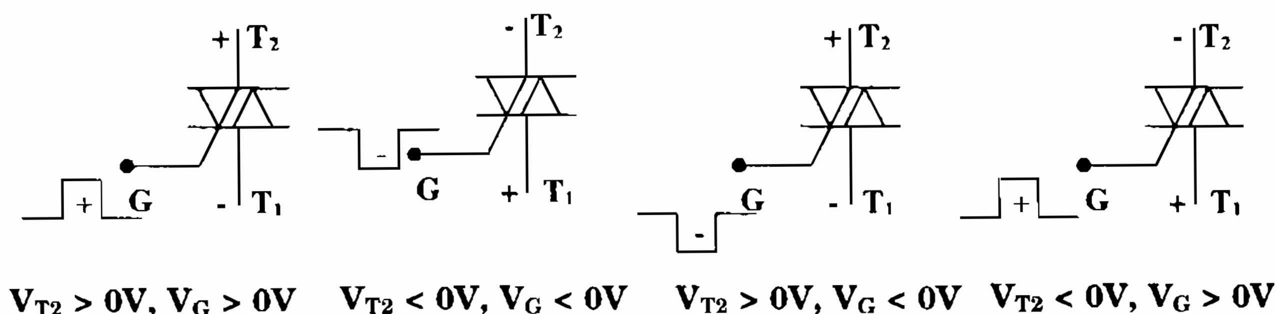


Hình 2.8

4. Các phương thức kích triac

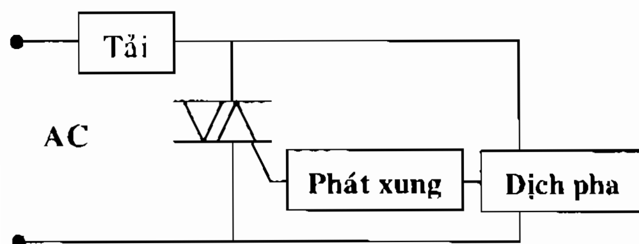
Theo phần nguyên lý của triac thì triac cần được kích xung dương khi cực T_2 có điện áp dương và cần được kích xung âm khi cực T_2 có điện áp âm.

Thực ra triac có thể kích bằng bốn phương thức như hình 2.9, trong đó cách thứ nhất và cách thứ hai được coi là cách kích thuận vì đúng theo nguyên lý và chỉ cần dòng điện kích trị số nhỏ hơn so với cách thứ ba và cách thứ tư.

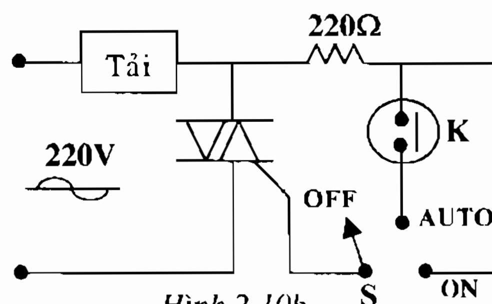


Hình 2.9: Các phương thức kích triac

§ 2.3- ỨNG DỤNG CỦA TRIAC VÀ DIAC



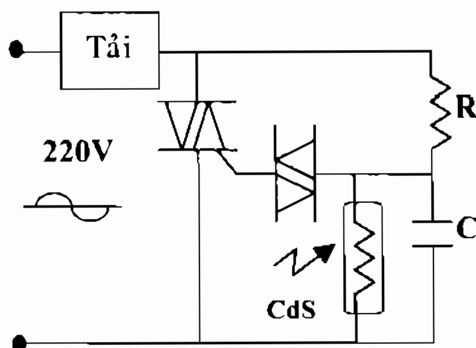
Hình 2.10a



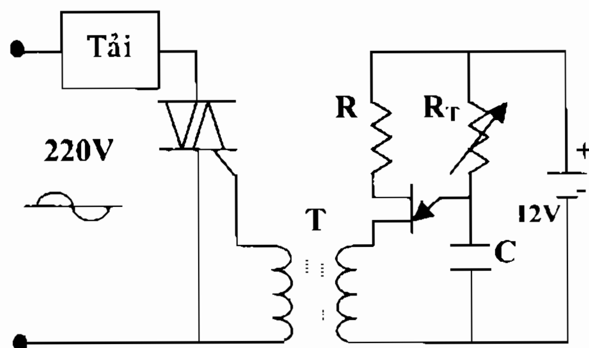
Hình 2.10b

Hình 2.10a là nguyên tắc mạch điều khiển triac để thay đổi dòng điện cung cấp cho tải. Mạch dịch pha có tác dụng thay đổi thời điểm cho ra xung kích cực G của triac sớm hay trễ, mạch phát xung thường là mạch dao động tích thoát tạo ra xung nảy hay diac nhằm khống chế điện áp lên cực G.

Hình 2.10b là mạch điều khiển triac đơn giản dùng cho các loại tải có công suất nhỏ. Ở mỗi bán kỳ của nguồn điện xoay chiều cực G của triac đều được kích bằng điện áp thích hợp theo cách kích thuận nên triac dẫn điện liên tục cả hai bán kỳ, khi công tắc S ở vị trí ON. Khi công tắc S ở vị trí AUTO thì tùy thuộc trạng thái của tiếp điểm K, tiếp điểm K có thể là bộ điều nhiệt tự động (thermostat) hay bộ điều áp tự động (Pressotat) hay các loại công tắc giới hạn.



Hình 2.10c



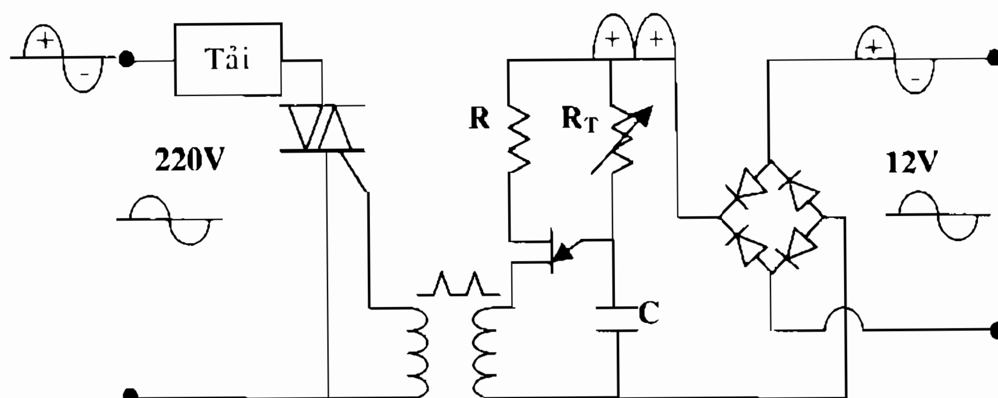
Hình 2.10d

Hình 2.10c là mạch điều khiển dòng điện qua tải dùng triac, diac kết hợp với quang trở CdS để tác động theo ánh sáng. Khi CdS được chiếu sáng sẽ có trị số điện trở nhỏ làm điện áp nạp được trên tụ C thấp, diac không dẫn điện và triac không được kích nên không có dòng qua tải. Khi

CdS bị che tối sẽ có trị số điện trở lớn làm điện áp trên tụ C tăng cao đến mức đủ để diac dẫn điện và triac được kích dẫn điện cho dòng điện qua tải. Tải ở đây có thể là các loại đèn chiếu sáng lối đi hay chiếu sáng bảo vệ, khi trời tối thì đèn tự động sáng.

Hình 2.10d là mạch điều khiển triac dùng transistor đơn nối và biến áp xung T. Trong mạch này transistor là mạch dao động tích thoát tạo ra xung nảy và qua biến áp xung tạo điện áp kích cho cực G của triac, phụ thuộc trị số của R_1 mà thời điểm có xung điện sớm hay trễ. Biến áp xung T có tác dụng cách ly điện áp giữa mạch công suất trên tải và mạch điều khiển để đảm bảo an toàn về điện. Trong các mạch cần có sự đồng bộ giữa xung kích và nguồn xoay chiều cung cấp cho tải thì nguồn điện cung cấp cho mạch điều khiển có thể lấy từ nguồn xoay chiều 220V, giảm thế rồi qua mạch nắn điện không lọc điện. Lúc đó, điện áp nguồn cung cấp cho mạch điều khiển có dạng là những bán kỳ dương gợn sóng và ứng với mỗi bán kỳ của mỗi dòng điện xoay chiều sẽ có một xung nảy để kích cho cực G của triac (hình 2.10e).

Trong mạch điện hình 2.10e, cả hai bán kỳ dương và âm của nguồn xoay chiều cung cấp cho tải cực G của triac đều được kích bằng xung nảy dương.



Hình 2.10e

CHƯƠNG 3

CÁC LINH KIỆN ĐIỀU KHIỂN KHÁC

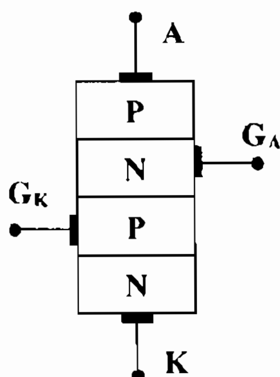
Ngoài các linh kiện điện tử điều khiển quan trọng đã được trình bày trong các chương trước như: SCR, Diac và Triac, còn có các loại linh kiện khác cũng được dùng trong lĩnh vực tự động điều khiển như SCS, diod shockley, SUS, SBS, PUT, GTO... nhưng không được sử dụng rộng rãi như các loại linh kiện trên.

§3.1- SCS

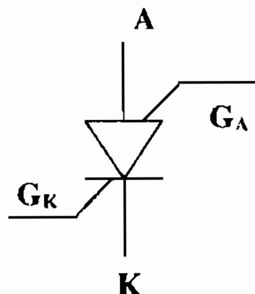
SCS được viết tắt từ silicon controlled switch (tạm dịch là công tắc có điều khiển làm bằng silicon).

1. Cấu tạo

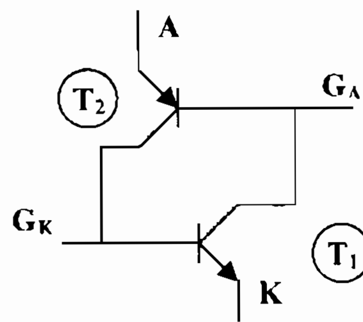
Cấu tạo SCS gồm có bốn lớp bán dẫn xếp xen kẽ nhau giống như SCR nhưng có thêm một chân cổng nối vào lớp bán dẫn N. Để phân biệt người ta gọi chân cổng nối vào lớp P là cổng catod, chân cổng nối vào cổng N gọi là cổng anod.



Hình 3.1: Cấu tạo của SCS



Hình 3.2: Ký hiệu



Hình 4.2: Mạch tương đương

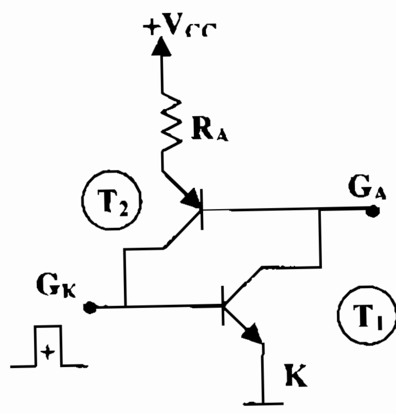
Do SCS có các lớp bán dẫn xếp xen kẽ giống như SCR nên SCS có mạch tương đương giống như SCR nhưng thêm cực G_A, tức là cực B của transistor PNP.

2. Nguyên lý

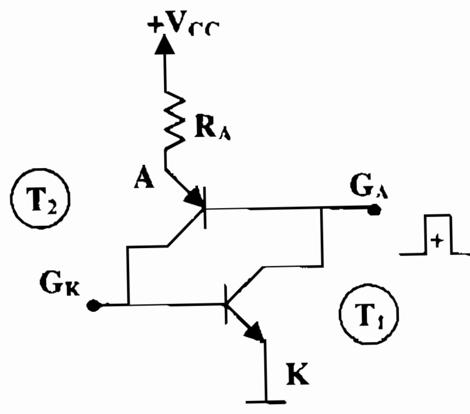
Để điều khiển SCS dẫn, ta kích một xung dương vào cực B của transistor NPN làm cho T_1 dẫn kéo T_2 dẫn theo và hai transistor sẽ tiến đến bão hòa. SCS cũng có tính tự duy trì trạng thái dẫn sau khi được kích giống như SCR. Lúc đó, $V_{AK} \cong 1V$.

Sau khi SCS dẫn, muốn cho SCS ngưng thì ta kích tiếp một xung dương nhưng bây giờ vào cổng G_A. Lúc đó, transistor PNP bị phân cực ngược mối nối B_E nên transistor này, tức T_2, sẽ ngưng dẫn kéo T_1 ngưng dẫn theo.

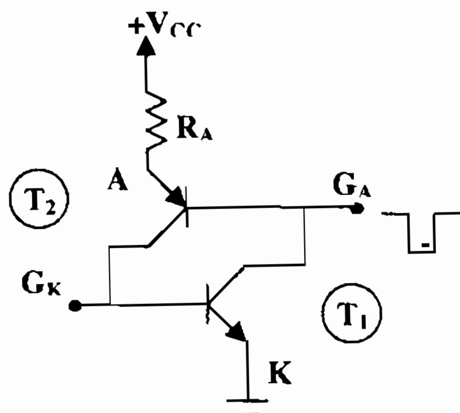
Ngược lại, đầu tiên muốn kích SCS dẫn, ta có thể kích xung âm vào cổng G_A tức là phân cực thuận cho cực B của transistor T_2 loại PNP trước làm T_2 dẫn kéo T_1 dẫn theo. Sau khi SCS dẫn, muốn cho ngưng thì ta kích tiếp một xung âm nhưng bây giờ vào cổng G_K. Lúc đó, transistor T_1 loại NPN bị phân cực ngược nên ngưng dẫn kéo T_2 ngưng dẫn theo.



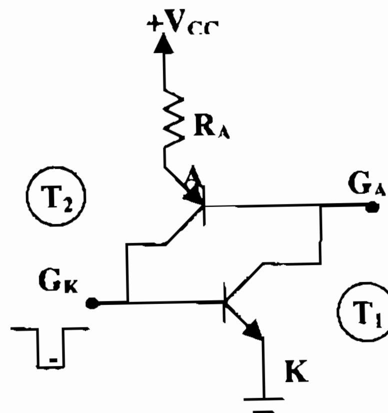
Hình 3.4a: Kích dẫn bằng xung dương



Hình 3.4b: Kích ngưng bằng xung dương



Hình 3.5a: Kích dẫn bằng xung âm



Hình 3.5b: Kích ngưng bằng xung âm

Như vậy, nhờ có thêm cực cổng G_A mà ta có thể làm SCS ngưng dễ dàng sau khi kích để SCS dẫn và SCS có hai phương thức để kích dẫn, kích ngưng bằng xung dương hoặc xung âm.

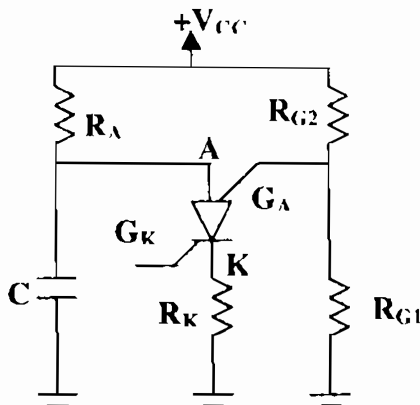
SCS chỉ được chế tạo ở mức công suất nhỏ khoảng vài trăm mili oát nên dòng điện kích dẫn nhỏ khoảng vài micro ampe đến vài chục micro ampe. Dòng điện kích để ngưng SCS thường lớn hơn dòng điện kích dẫn nhiều lần.

3. Ứng dụng: Mạch dao động tích thoát

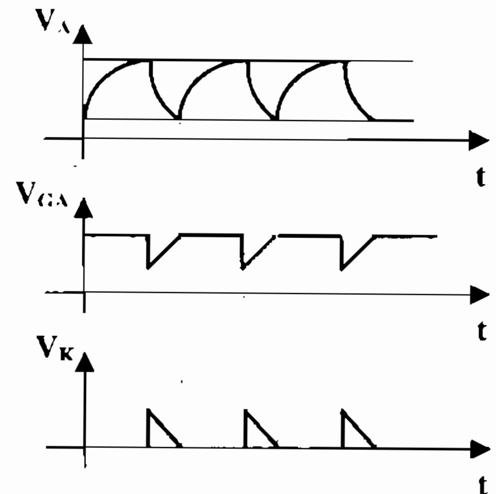
Khi mở điện, tụ C bắt đầu nạp điện qua R_A nên ban đầu V_A = 0V. Lúc đó, cổng G_A có cầu phân thế R_{G1} và R_{G2} nên điện áp là:

$$V_{GA} = V_{CC} \cdot \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

Với điện áp ban đầu như trên nên SCS sẽ ngưng dẫn. Tụ điện C nạp điện làm điện áp tăng dần theo hàm số mũ và khi điện áp trên tụ tức là điện áp $V_A = V_{GA}$ + 0,6V sẽ làm phân cực thuận transistor T_2 trong SCS do đó có dòng I_{B2} chạy qua R_{G1}. T_2 dẫn kéo T_1 dẫn theo và cả hai transistor tiến nhanh đến bão hòa. Khi SCS bão hoà, V_A giảm nhỏ nên tụ C xả điện nhanh qua SCS làm dòng ra ở ca tốt tăng cao, ở cực K có xung nhọn dương ra. Lúc đó, V_G cũng bị giảm nhỏ đột ngột nên có dòng R_{G2} vào cực G_A qua SCS nên điện áp ở cực G_A có dạng xung nhọn âm.



Hình 3.6: Mạch dao động tích thoát



Hình 3.7: Dạng sóng ở các chân

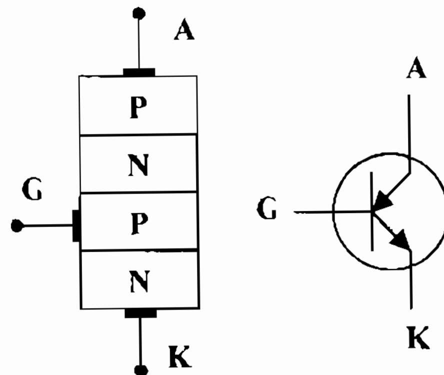
Điện áp ở cực anốt cũng là điện áp trên tụ có dạng hình răng cưa chính là đường điện áp nạp xả của tụ C. Khi tụ C xả hết điện, nếu dòng điện qua R_A nhỏ hơn dòng điện duy trì của SCS thì SCS sẽ ngưng dẫn, tụ C lại nạp điện và hiện tượng trên lại tiếp diễn như cũ.

§3.2- GTO

GTO được viết tắt bởi Gate Turn-off Thyristor (tạm dịch là thyristor có thể tắt bằng cực cổng).

1. Cấu tạo

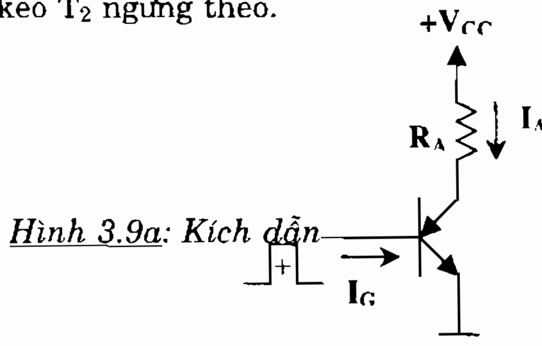
GTO có cấu tạo tương đương như thyristor, cũng có bốn lớp bán dẫn P-N xếp xen kẽ và nối ra ba chân là anod, catod và gate. Điều khác nhau giữa GTO và SCR là GTO được chế tạo với transistor trong mạch tương đương có độ khuếch đại β khá nhỏ.



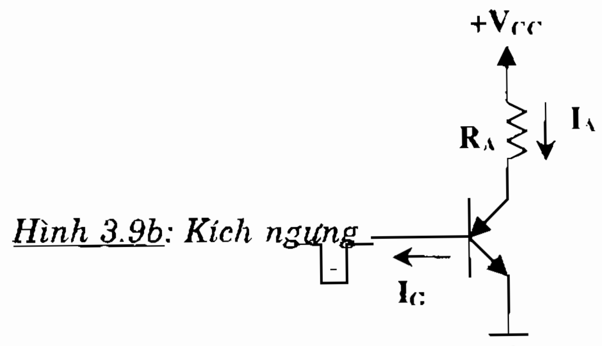
Hình 3.8: Cấu tạo và ký hiệu của GTO

2. Nguyên lý

GTO có cấu tạo với hai transistor có độ khuếch đại β khá nhỏ nên khi muốn kích cho GTO ngưng dẫn, ta có thể tạo một điện áp phân cực nghịch giữa cổng và catod để kéo dòng I_{C2} từ cực cổng ra để làm ngưng T_1, kéo T_2 ngưng theo.



Hình 3.9a: Kích dẫn



Hình 3.9b: Kích ngưng

Nguyên tắc này chỉ áp dụng được cho GTO mà không áp dụng được cho SCR vì SCR được chế tạo với hai transistor β rất lớn nên dòng I_G kích dẫn SCR có trị rất nhỏ vẫn cho ra dòng I_A lớn. Khi muốn ngưng SCR thì phải có dòng I_G kích ngưng khá lớn mới làm ngưng được SCR. Điều này khó thực hiện trong các mạch điều khiển.

Đối với GTO để thực hiện được nguyên lý kích ngưng như trên, người ta chỉ chế tạo các loại GTO công suất trung bình để có dòng I_A và I_G không lớn lắm. Do đó β nhỏ nên dòng kích I_G của GTO lớn hơn nhiều lần so với các SCR cùng công suất. GTO có một thông số quan trọng là tỉ số giữa dòng điện I_A và dòng kích ngưng ở cực cổng $I_{G\ OFF}$ gọi là độ lớn dòng tắt, thường khoảng 10 lần.

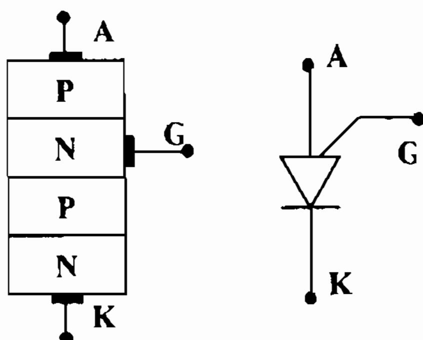
Ký hiệu: $$G_{OFF} = \frac{I_A}{I_{G\ OFF}} \cong 10 \quad \text{(Turn-off Current gain)}$$

§3.3- PUT

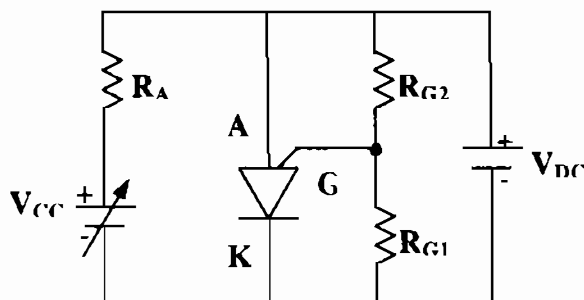
PUT được viết tắt bởi Programmable Unijunction Transistor (tạm dịch là transistor đơn nối có thể lập trình được).

1. Cấu tạo

Về cấu tạo thì PUT gồm có bốn lớp bán dẫn P-N xếp xen kẽ như thyristor nhưng cực cổng bây giờ tiếp xúc với lớp bán dẫn N (giống G_A như SCS).



Hình 3.10: Cấu tạo và ký hiệu của PUT

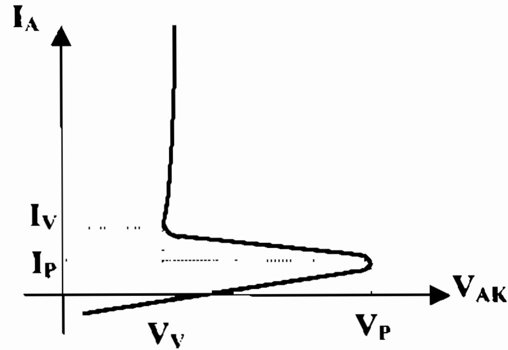


Hình 3.11: Mạch phân cực cho PUT

2. Nguyên lý - Đặc tính

Mạch thí nghiệm và đặc tính của PUT như hình 3.11, trong đó R_{G1} và R_{G2} là cầu phân thế phân cực cho cực G. Hai điện trở này có tính chất như điện trở liên nền $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$ trong UJT, nhưng ở đây là hai điện trở lắp thêm bên ngoài, còn ở UJT là nội trở.

Hình 3.12: Đường đặc tính của PUT



$$V_G = V_{DC} \cdot \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

Điện áp cực G do cầu phân áp xác lập được tính theo công thức trên.

Tương tự như UJT ta có thể tạo tỉ số điện trở là:

$$\eta = \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

Suy ra:

$$V_G = \eta \cdot V_{DC}$$

Khi $V_A < V_G$ thì PUT không dẫn, vì lúc đó transistor T_2 loại PNP trong mạch tương đương của bốn lớp bán dẫn bị phân cực ngược mối nối BE và sẽ kéo theo transistor T_1 ngưng dẫn.

Điều chỉnh nguồn V_{CC} sao cho $V_A > V_G$ và đạt trị số đỉnh là:

$$V_P = V_G + V_D$$

Lúc đó, transistor T_2 dẫn sẽ kéo theo transistor T_1 dẫn và cả hai sẽ tiến đến bão hoà.

Khi PUT chạy bão hoà, dòng điện I_A sẽ tăng cao đột ngột do điện áp V_A giảm nhỏ. Đồng thời điện áp V_G cũng giảm nhỏ nên có dòng I_G từ nguồn V_{DC} qua R_1 vào PUT ở cực cổng.

Hình 3.12 cho thấy đặc tính của PUT giống đặc tính của UJT.

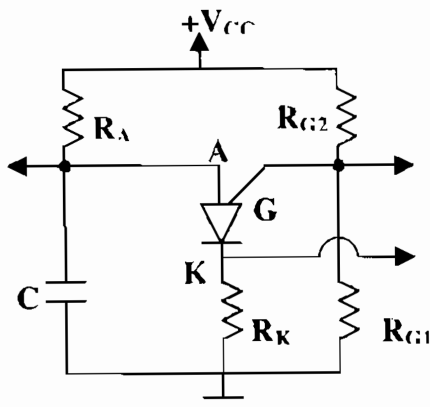
3. Ứng dụng: Mạch dao động tích thoát

Sơ đồ mạch dao động tích thoát dùng PUT tương tự như mạch dùng UJT. Điều khác biệt là tụ C mang điện áp để xả vào anod chứ không phải vào cực E như UJT, đồng thời cực G nhận điện áp của cầu phân áp thay cho điểm B trong UJT.

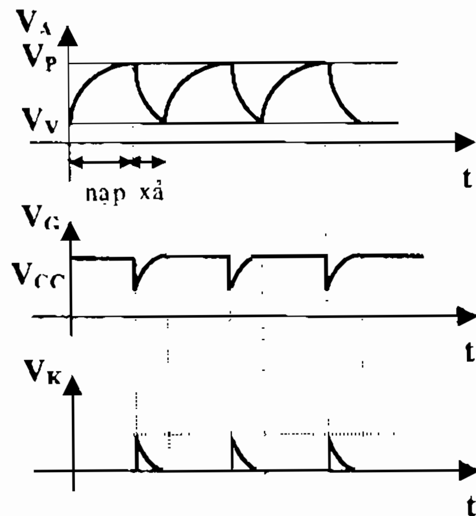
Khi đóng điện thì tức thời cực G có điện áp là:

$$V_G = \eta\, V_{CC} = V_{CC} \cdot \frac{R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

Điện áp V_G có thể thay đổi được bằng cách thay đổi trị số cầu phân áp R_{G1} - R_{G2}. Do thay đổi được V_G nên người ta gọi linh kiện này là UJT có thể lập trình được.



Hình 3.13: Mạch dao động tích thoát



Hình 3.14: Dạng sóng tại các chân

Khi đóng điện thì tụ C bắt đầu nạp điện qua R_A làm điện áp V_A tăng lên dần theo hàm số mũ. Khi tụ nạp lên điện áp đỉnh $V_P = V_G + V_D$ thì PUT dẫn điện từ A sang K và tụ xả điện vào anod. Dạng sóng ở cực anod có dạng hình răng chính là đường nạp xả điện của tụ điện.

Dòng điện xả của tụ chính là I_A và dòng I_G từ ngoài vào cực cổng qua R_K tạo ra xung nhọn dương. Khi PUT dẫn làm V_A giảm và V_G giảm, ở cực G có xung nhọn âm ra (hình 3.14).

Khi tụ xả xong, điện áp V_A giảm nhỏ làm dòng I_A xuống dưới trị số I_V , PUT sẽ ngưng dẫn và mạch trở lại trạng thái ban đầu.

Chu kỳ T của mạch dao động tích thoát dùng PUT cũng được tích như mạch dùng UJT theo công thức:

$$T = t_{nạp} + t_{xả} \cong t_{nạp} \qquad T = R_A\, C\, \ln \frac{1}{1-\eta}$$

Tần số dao động là:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{R_A\, C \ln \dfrac{1}{1-\eta}}$$

Tương tự như mạch dao động tích thoát dùng UJT, ở đây điện trở R_A cũng được giới hạn trong một khoảng nhất định là:

$$R_{A\,max} = \frac{V_{CC} - V_P}{I_P} \qquad R_{A\,min} = \frac{V_{CC} - V_V}{I_P}$$

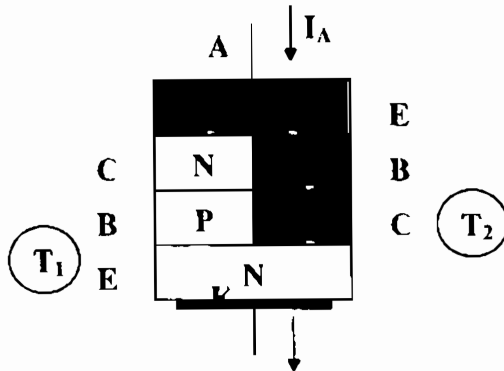
Suy ra phương trình đường tải của mạch là:

$$\frac{V_{CC} - V_V}{I_V} < R_A < \frac{V_{CC} - V_P}{I_P}$$

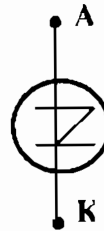
§3.4- DIOD SHOCKLEY

1. Cấu tạo

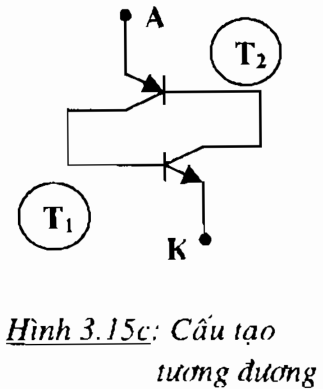
Diod Shockley là linh kiện bán dẫn bốn lớp P - N xếp xen kẽ nhau giống như SCR nhưng không có cực cổng G mà chỉ có anod và catod.



Hình 3.15a: Cấu tạo của Diod Shockley

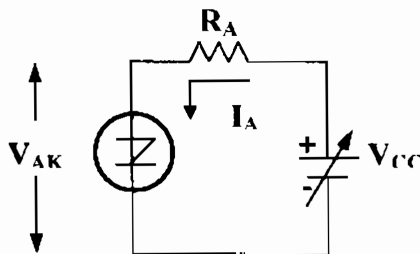


Hình 3.15b: Ký hiệu

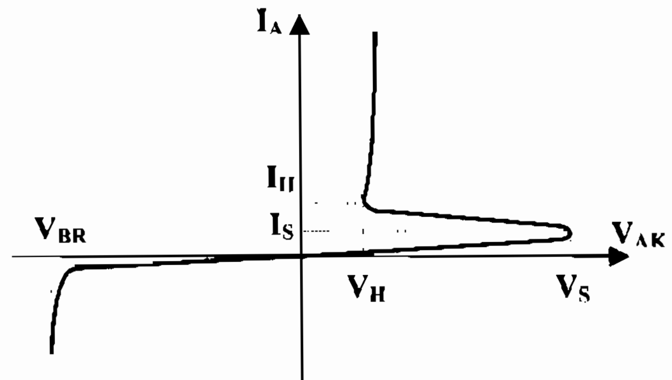


Hình 3.15c: Cấu tạo tương đương

2. Đặc tính



Hình 3.16a : Mạch thí nghiệm



Hình 3.16b : Đường đặc tính V/I

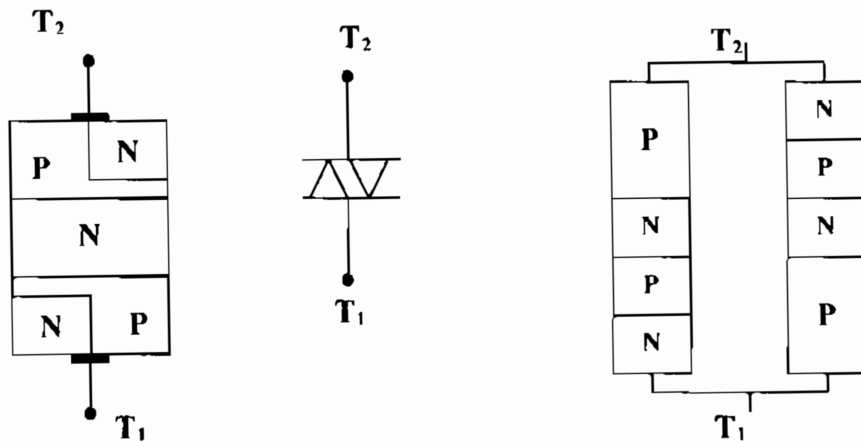
Phân cực diod Shockley như mạch thí nghiệm hình 3.16a. Khi điện áp phân cực V_{AK} ở mức thấp, Shockley không dẫn. Khi tăng điện áp V_{AK} đủ lớn đến một mức giới hạn gọi là điện áp ngập V_{BO} (hay còn gọi là điện áp chuyển mạch V_S do dịch từ Switching Voltage) thì diod Shockley dẫn điện, dòng điện qua diod tăng lên, nhưng điện áp V_{AK} giảm xuống đến mức điện áp duy trì V_H *(Holding)* và sau đó dòng điện I_A tăng lên theo đường đặc tính của diod. Đoạn đặc tính từ điện áp V_s đến V_H gọi là vùng điện

trở âm vì đoạn này có dòng I_A tăng nhưng V_{AK} lại giảm. Đoạn đặc tính từ đoạn I_H trở lên gọi làvùng bão hòa vì I_A tăng nhưng V_{AK} tăng không đáng kể.

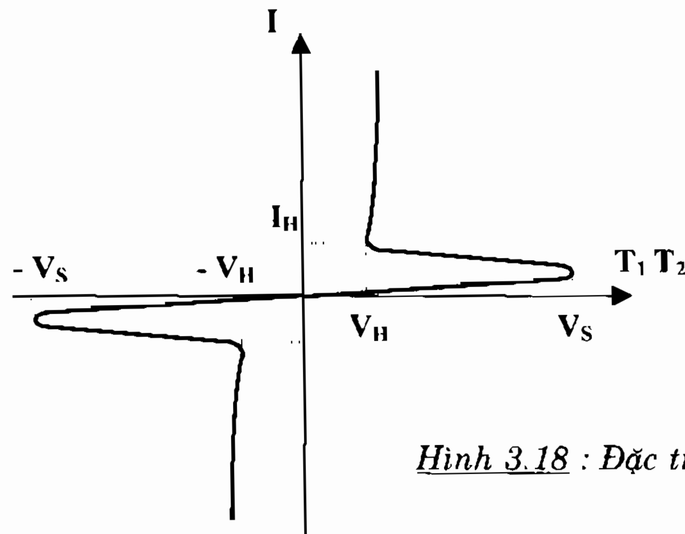
Điện áp chuyển mạch V_s có trị số danh định là 8V. Khi diod Shockley được phân cực ngược sẽ không dẫn điện, nếu tăng điện áp ngược lên đủ lớn đến một trị giới hạn gọi là V_{BR} thì diod sẽ bị đánh thủng.

3. Diac

Một linh kiện bán dẫn khác có đặc tính giống như hai diod Shockley ghép song song và ngược chiều nhau với cấu tạo bán dẫn như hình vẽ 3.17a.



Hình 3.17a : Cấu tạo *Hình 3.17b: Ký hiệu* *Hình 3.17c: Cấu tạo tương đương*



Hình 3.18 : Đặc tính của diac

Linh kiện này có đường đặc tính giống như đặc tính I/V của diac nên cũng được gọi là diac và có ký hiệu như diac loại ba lớp bán dẫn.

Đối với loại diac này, điện áp phân cực giữa hai chân T_1–T_2 đủ để diac dẫn là điện áp chuyển mạch có trị số danh định là ± 8V.

§ 3.5- SUS VÀ SBS

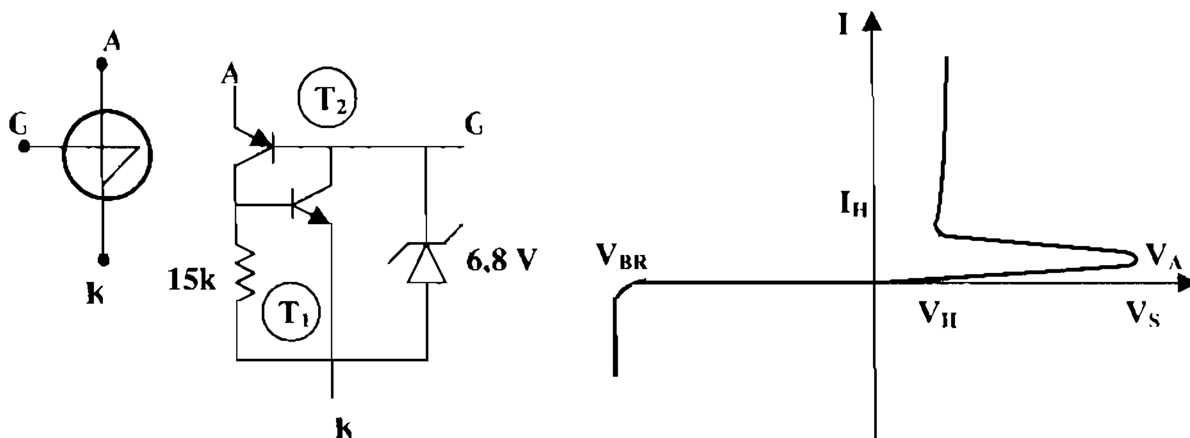
1. SUS

SUS viết tắt bởi Silicon Unilateral Switch (công tắc một bên làm bằng chất silicon).

SUS được chế tạo theo kiểu mạch tích hợp của nhiều linh kiện khác như điện trở, Zener, transistor.

Hình 3.19a là cấu trúc bên trong của SUS, trong đó mối nối BE của transistor T_2 và diod Zener 6,8V sẽ quyết định điện áp chuyển mạch của SUS (khoảng 8V).

Hình 3.19b là đặc tính I/V của SUS giống như đặc tính của diod Shockley.

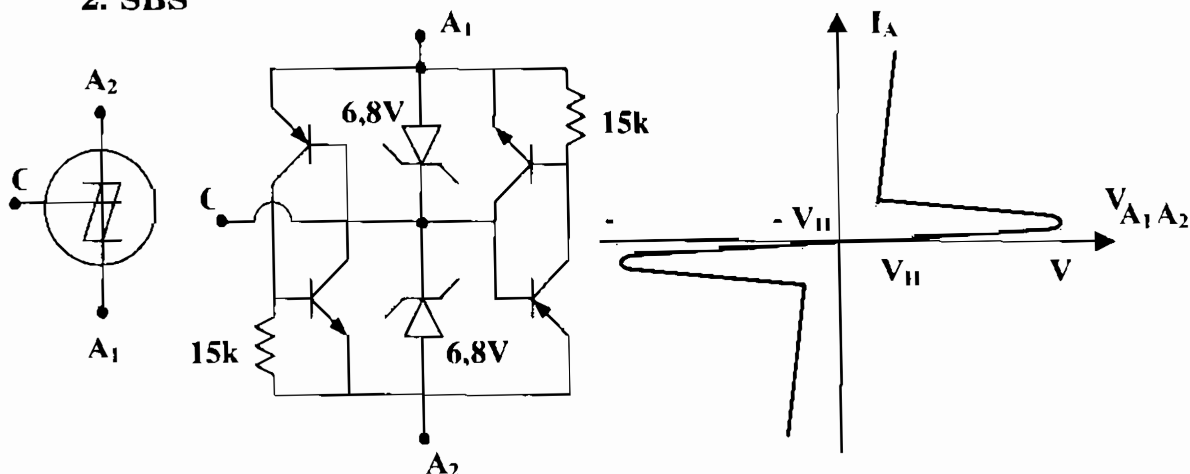


Hình 3.19a : Cấu trúc và ký hiệu của SUS *Hình 3.19b: Đặc tính của SUS*

Khi điện áp V_{AK} tăng lên đến mức $V_S \cong 8V$ thì sẽ có dòng I_{B2} qua Zener 6,8V và T_2 dẫn. Dòng điện I_{C2} tạo điện áp phân cực cho cực B của T_1 làm cho T_1 dẫn. Lúc đó, dòng I_{B2} sẽ qua transistor T_1 chứ không qua Zener

6,8V nữa và hai transistor sẽ chạy ở trạng thái bão hoà làm cho V_{AK} giảm nhanh đột ngột xuống mức V_H .

2. SBS



Hình 3.20a: Ký hiệu và cấu trúc của SBS   *Hình 3.20b:* Đặc tính của SBS

SBS được việt tắt bởi Silicon Bilateral Switch (tạm dịch là công tắc hai bên làm bằng chất silicon).

Hình 3.20a cho thấy cấu trúc bên trong của SBS chính là hai SUS nối song song và ngược chiều.

Hình 3.20b là đường đặc tính V/I của SBS và đường đặc tính này giống như đặc tính của diac với điện áp chuyển mạch là $V_S = \pm 8V$.

Do SUS và SBS được chế tạo từ sự tích hợp các linh kiện rời nên đặc tính hoạt động của nó tốt hơn các linh kiện bán dẫn nhiều lớp khác.

§ 3.6- DIOD HẦM (TUNNEL DIOD)

Diod hầm còn được gọi là diod Esaki có cấu tạo đặc biệt so với các loại diod thường.

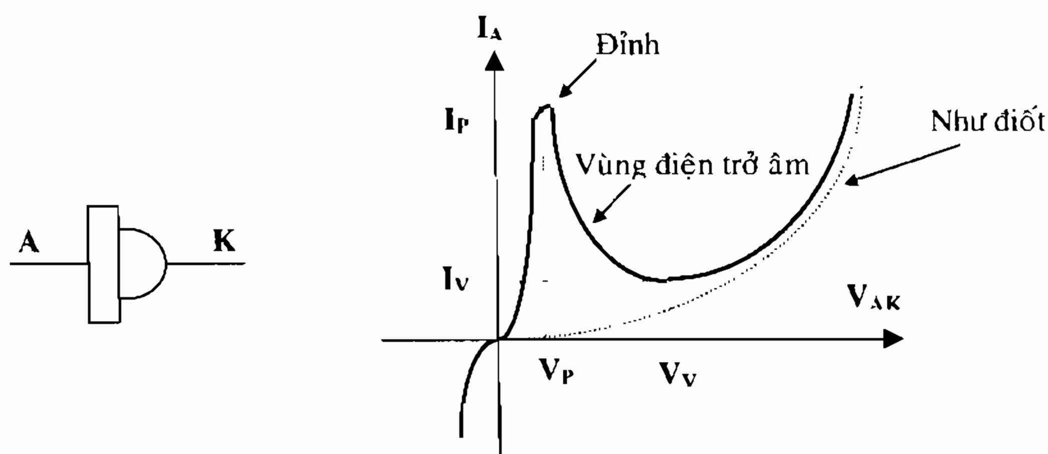
1. Cấu tạo

Diod hầm có cấu tạo bán dẫn giống như diod thường nhưng tỉ lệ pha chất tạp rất cao so với diod thường. Do có tỉ lệ pha cao nên đặc tính của nó rất khác so với diod thường.

2. Đặc tính

Khi phân cực thuận trong khoảng V_{AK} có trị số thấp thì dòng điện tăng nhanh theo điện áp, khi dòng điện tăng đến trị số đỉnh I_P ứng với điện áp đỉnh V_P thì dòng điện lại giảm trong khi điện áp tăng. Khi dòng điện giảm đến mức thấp nhất thì gọi là dòng điện thung lũng I_V ứng với điện áp thung lũng V_V và sau đó dòng điện lại tăng lên theo điện áp như diod thông thường.

Đoạn đặc tính của diod hầm trong khoảng dòng điện giảm, điện áp tăng cũng gọi là vùng có điện trở âm.



Hình 3.21.a : Ký hiệu của diod hầm   *Hình 3.21.b:* Đường đặc tính của diod hầm

Khi phân cực nghịch thì dòng điện qua diod hầm sẽ tăng theo điện áp nghịch.

Diod hầm trong thực tế ít được dùng vì người ta dùng diod Shockley thay cho diod hầm.

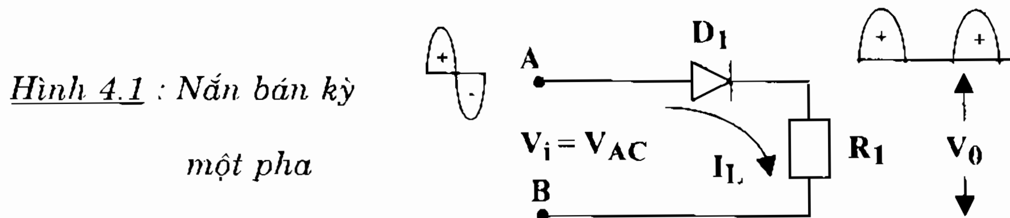
CHƯƠNG 4

MẠCH NẮN ĐIỆN CÔNG SUẤT

§4.1- MẠCH NẮN ĐIỆN BẰNG DIOD

1. Mạch nắn điện bán kỳ một pha

Điện áp ngõ vào V_i có giá trị hiệu dụng là V_{AC}. Do mạch nắn điện bán kỳ nên điện áp ngõ ra là những bán kỳ dương gián đoạn.



Hình 4.1 : Nắn bán kỳ một pha

Điện áp một chiều trung bình ở ngõ ra là:

$$\overline{V_o} = \frac{V_P}{\pi} = 0,318V_P \qquad (V_P: \text{Điện áp đỉnh})$$

hay

$$\overline{V_0} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_{AC} = 0,45V_{AC}$$

Hình 4.1 là sơ đồ mạch và dạng sóng ở ngõ vào, ngõ ra của mạch nắn điện bán kỳ. Trong mạch này tải thuần trở và không có mạch lọc điện.

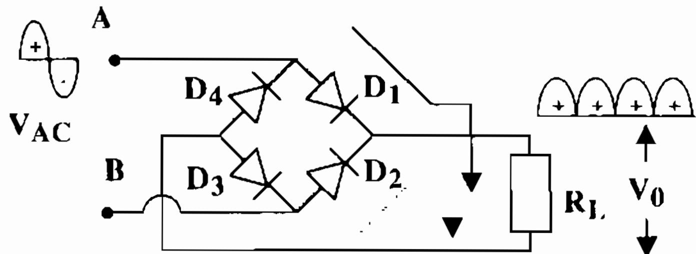
Diod D được chọn sao cho có các thông số giới hạn là:

$$I_{max} \geq 4I_L$$

$$V_{Pmax} \geq 2\sqrt{2}\,V_{AC}$$

2. Mạch nắn điện toàn kỳ một pha

Mạch nắn điện toàn kỳ một pha dùng cầu điốt từ D_1 đến D_4 như sơ đồ hình 4.2.



Hình 4.2 : Nắn toàn kỳ một pha

Khi điểm A có bán kỳ dương so với điểm B thì diod D_1 dẫn điện qua tải R_L rồi trở về nguồn qua diod D_3 (dòng điện có đường liền nét). Khi điểm B có bán kỳ dương so với điểm A thì diod D_2 dẫn điện qua tải R_L rồi trở về nguồn qua diod D_4 (dòng điện có đường rời nét). Như vậy, bốn diod sẽ chia ra hai cặp D_1-D_3 và D_2-D_4 luân phiên nhau dẫn điện, điện áp ngõ ra là những bán kỳ dương liên tục.

Điện áp trung bình một chiều ở ngõ ra là:

$$\overline{V_0} = \frac{2}{\pi} V_P = 0,63V_P \qquad (V_P : \text{điện áp đỉnh})$$

hay

$$\overline{V_0} = \frac{2}{\pi}\sqrt{2}\ V_{AC} = 0,9V_{AC} \qquad (V_{AC} : \text{điện áp hiệu dụng})$$

Do các diod luân phiên dẫn điện cấp dòng qua tải nên các diod được chọn có các thông số giới hạn là:

$$I_{D\,max} \geq 2.I_L$$

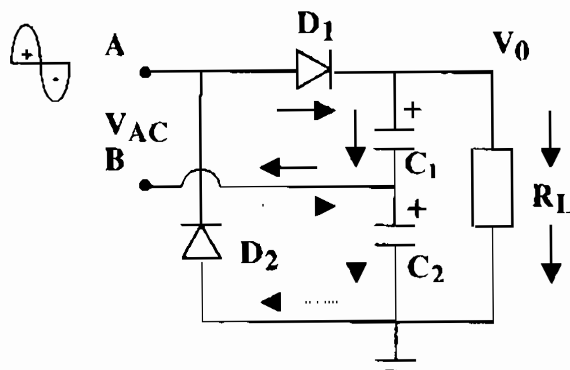
$$V_{R\,max} \geq 2\sqrt{2}\,V_{AC}$$

3. Mạch nắn điện tăng đôi điện áp

a) Mạch nắn điện tăng đôi điện áp kiểu Latour:

Trong sơ đồ hình 4.3 người ta dùng hai diod và hai tụ để dẫn và nạp điện ở hai bán kỳ.

Khi điểm A có bán kỳ dương thì D_1 dẫn và nạp vào tụ C_1, dòng điện đi từ A qua D_1,tụ C_1 rồi về điểm B (đường liền nét).



Hình 4.3 : Nắn tăng đôi kiểu Latour

Khi điểm A có bán kỳ âm thì D_2 dẫn và nạp vào tụ C_2, dòng điện đi từ B qua tụ C_2, diod D_2 rồi trở về điểm A (đường rời nét).

Điện áp nạp cực đại trên tụ C_1 và tụ C_2 bằng điện áp đỉnh của dòng điện xoay chiều ở ngõ vào.

$$V_{C1\ max} = V_{C2\ max} = V_P = \sqrt{2}\, V_{AC}$$

Điện áp cấp cho tải là điện áp nối tiếp C_1 và tụ C_2 sẽ có trị số cực đại tăng gấp đôi so với điện áp xoay chiều ở ngõ vào.

$$V_{0\ max} = V_{C1\ max} = V_{C2\ max} = 2V_P = 2\sqrt{2}\, V_{AC}$$

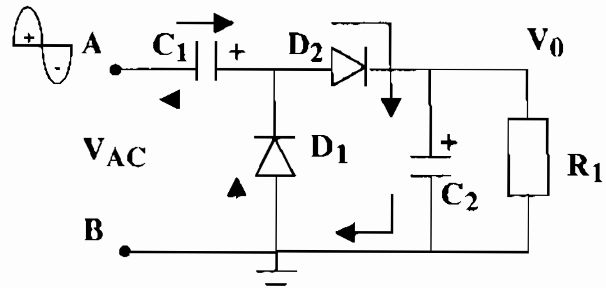
Điện áp trung bình trên tải có trị số nhỏ hơn $V_{0\ max}$ vì tụ C_1 và C_2 xả điện làm giảm áp, mức giảm áp tùy thuộc trị số dòng điện tải lớn hay nhỏ và điện dung C_1-C_2 .

b) Mạch nắn điện tăng đôi điện áp kiểu Schenkel:

Trong sơ đồ hình 4.4, người ta cũng dùng hai diod và hai tụ để dẫn và nạp điện ở hai bán kỳ nhưng điểm B chính là điểm mass của nguồn điện một chiều sau mạch nắn điện.

Khi điểm A có bán kỳ âm (hay có thể nói điểm B có bán kỳ dương) thì diod D_1 dẫn và nạp vào tụ C_1, dòng điện đi từ B qua D_1, tụ C_1 rồi về điểm A (đường rời nét).

Hình 4.4 : Nắn tăng đôi kiểu Shenkel



Khi điểm A có bán kỳ dương thì điện áp đã nạp trên tụ C_1 sẽ nối tiếp với điện áp bán kỳ dương của nguồn tạo thành điện áp tăng gấp đôi, điện áp này phân cực thuận D_2 làm dẫn nạp vào tụ C_2, dòng điện đi qua D_2, tụ C_2 rồi về điểm B (đường liền nét).

Như vậy điện áp nạp cực đại trên tụ C_1 chỉ bằng điện áp đỉnh của dòng điện xoay chiều ở ngõ vào trong khi điện áp nạp cực đại trên tụ C_2 được tăng gấp đôi so với dòng điện xoay chiều ở ngõ vào. Điện áp trên tụ C_2 cũng chính là điện áp ra trên tải.

$$V_{C1\,max} = V_P = \sqrt{2}\,V_{AC}$$

$$V_{C2\,max} = V_{0\,max} = 2V_P = 2\sqrt{2}\,V_{AC}$$

Tương tự như mạch trên, điện áp trung bình trên tải có trị số nhỏ hơn $V_{0\,max}$ vì tụ C_2 xả điện làm giảm áp, mức giảm áp cũng tùy thuộc trị số dòng tải lớn hay nhỏ và trị số điện dung C_1-C_2.

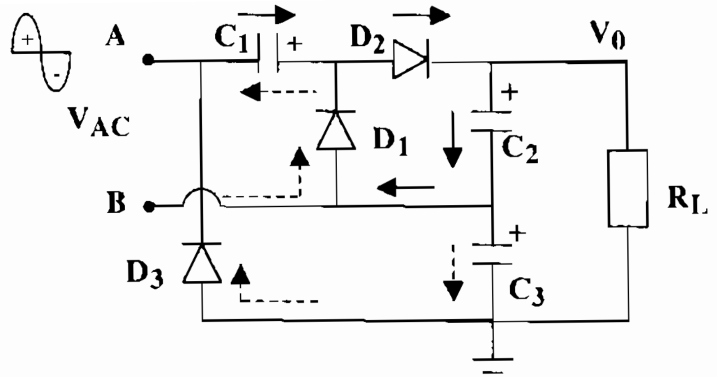
Trong mạch này tụ C_2 phải có điện áp làm việc lớn gấp hai lần điện áp làm việc của tụ C_1.

4. Mạch nắn điện tăng ba lần điện áp

Sơ đồ hình 4.5 là sự kết hợp của hai mạch nắn điện tăng đôi kiểu Latour và Schenkel. Nguồn xoay chiều cho vào hai điểm A và B, ở đây phải xét hai bán kỳ liên tiếp nhau như sau:

Khi điểm A có bán kỳ âm thì hai diod D_1 và D_3 đều được phân cực thuận, diod D_1 dẫn điện nạp vào tụ C_1 với điện áp đỉnh là V_P, đồng thời diod D_3 dẫn điện nạp vào tụ C_3 với điện áp đỉnh là V_P (hai dòng điện là hai đường rời nét).

Hình 4.5 : Mạch nắn điện tăng ba điện áp



Khi điểm A có bán kỳ dương thì điện áp trên tụ C_1 sẽ nối tiếp với bán kỳ dương của nguồn điện xoay chiều V_{AC}, cho ra điện áp đỉnh là $2V_P$ và điện áp này phân cực thuận diod D_2 làm D_2 dẫn nạp vào tụ C_2 với điện áp đỉnh là $2V_P$ (dòng điện có đường liền nét).

Điện áp nạp được trên các tụ là:

$$V_{C1\,max} = V_P = \sqrt{2}\,V_{AC}$$

$$V_{C3\,max} = V_P = \sqrt{2}\,V_{AC}$$

$$V_{C2\,max} = 2V_P = 2\sqrt{2}\,V_{AC} \qquad \text{(tụ } C_2 \text{ nạp tăng gấp đôi)}$$

Điện áp cấp cho tải là điện áp của tụ C_2 và tụ C_3 nối tiếp nhau nên có điện áp cực đại tăng gấp ba lần so với dòng điện xoay chiều ở ngõ vào.

Ta có :

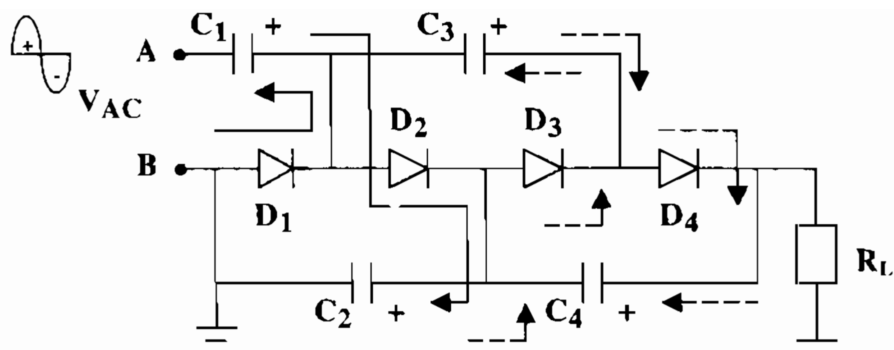
$$V_{0\,max} = V_{C2\,max} + V_{C3\,max}$$

$$= 2V_P + V_P = 3V_P = 3\sqrt{2}\,V_{AC}$$

Trong mạch này tụ C_2 phải có điện áp làm việc lớn gấp hai lần điện áp làm việc của tụ C_1 và C_3.

5. Mạch nắn điện tăng bốn lần điện áp

Mạch nắn điện tăng bốn lần điện áp có nguyên lý giải thích theo trình tự sau:



Hình 4.6 :Mạch nắn điện tăng bốn lần điện áp

a) Khi điểm A có bán kỳ âm lần thứ nhất thì D_1 dẫn, nạp vào tụ C_1 (dòng điện là đường liền một nét). Điện áp nạp được tối đa trên tụ C_1 là V_P.

b) Khi A có bán kỳ dương lần thứ nhất thì điện áp trên tụ C_1 sẽ nối tiếp với điện áp bán kỳ dương của nguồn AC làm điện áp tăng gấp đôi ($2V_P$). Lúc này, diod D_2 dẫn điện nạp vào tụ C_2 (dòng điện là đường rời có hai đoạn). Điệp áp nạp được tối đa trên tụ C_2 là $2V_P$.

c) Khi A có bán kỳ âm lần thứ hai thì điện áp trên tụ C_2 là $2V_P$ sẽ nối tiếp với điện áp bán kỳ âm của nguồn AC là điện áp tăng gấp ba ($3V_P$). Lúc này, diod D_1 cũng dẫn điện nạp vào tụ C_1 điện áp đỉnh là V_P đồng thời diod D_3 dẫn điện nạp vào tụ C_3 điện áp đỉnh là $2V_P$. Điện áp tối đa trên tụ C_1 và C_3 nối tiếp nhau là $3V_p$ (dòng điện là đường rời có ba đoạn).

d) Khi điểm A có bán kỳ dương lần thứ hai thì điện áp $3V_P$ trên tụ C_1 và C_3 sẽ nối tiếp với điện áp bán kỳ âm nguồn AC là điện áp tăng gấp bốn ($4V_P$). Lúc này, diod D_2 cũng dẫn điện nạp vào tụ C_4 điện áp đỉnh là $2V_P$ (dòng điện là đường rời có bốn đoạn). Điện áp ra trên tải chính là điện áp trên tụ C_2 và tụ C_4 nối tiếp nhau có trị số tối đa là $4V_P$.

Như vậy, trong bốn tụ điện, tụ C_1 chỉ nạp được điện áp tối đa là V_P, các tụ điện C_2-C_3-C_4 sẽ nạp được điện áp tối đa là hai V_P. Điều này cần lưu ý khi chọn điện áp làm việc của tụ.

§4.2- MẠCH NẮN ĐIỆN BA PHA BẰNG DIOD

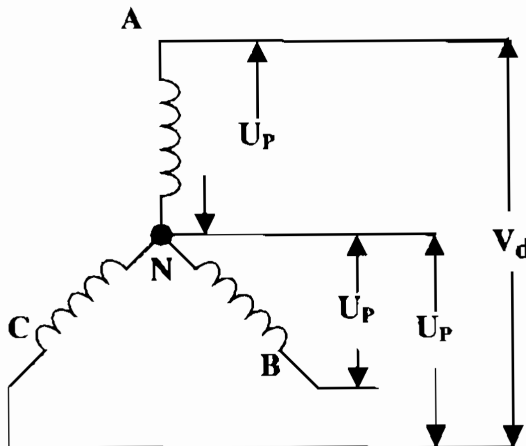
Trong nguồn điện xoay chiều ba pha người ta phân biệt hai loại điện áp pha và điện áp dây.

Nếu nguồn xoay chiều ba pha được nối theo kiểu hình sao thì ta có điện áp dây (U_d) lớn hơn điện áp pha (U_P).

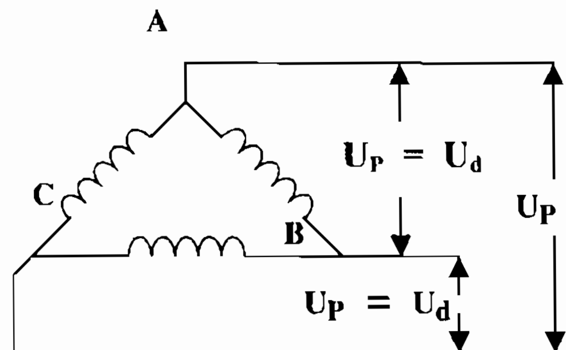
$$U_d = \sqrt{3}\, U_P$$

Nếu nguồn xoay chiều ba pha được nối theo kiểu hình tam giác thì điện áp dây và điện áp pha bằng nhau.

$$U_d = U_P$$



Hình 4.7 :Nguồn ba pha nối hình sao



Hình 4.8 :Nguồn ba pha nối hình tam giác

Điện áp pha là điện áp giữa hai đầu của cuộn dây trong từng pha, điện áp dây là điện áp giữa hai pha so với nhau.

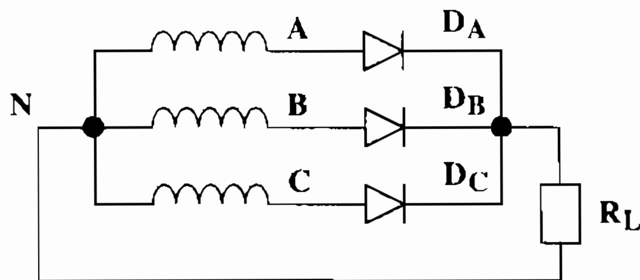
Hình 4.7 là sơ đồ nối dây của nguồn ba pha hình sao, trong đó điểm chung của ba pha gọi là điểm trung tính (N). Theo cách nối này điện áp pha là điện áp của mỗi pha so với điểm trung tính, điện áp dây là điện áp giữa hai dây pha.

Thí dụ: Nguồn điện xoay chiều công nghiệp đang sử dụng hiện nay là loại nguồn ba pha nối hình sao có: $U_P = 220V$; $U_d = 380V$.

Hình 4.8 là sơ đồ nối dây của nguồn ba pha hình tam giác, trong đó chỉ có ba dây ra mà không có dây trung tính. Theo cách nối này thì điện áp pha cũng chính là điện áp dây.

Nguồn điện xoay chiều ba pha nối hình sao được sử dụng rộng rãi hơn.

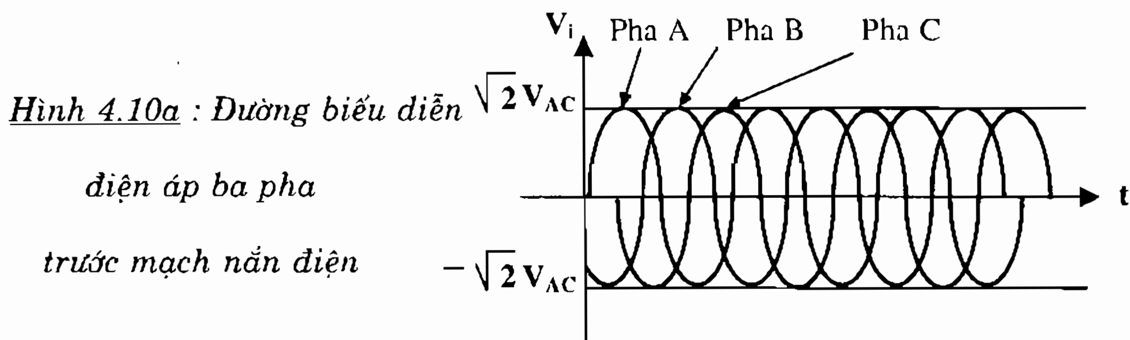
1. Mạch nắn điện ba pha hình tia: (nắn bán kỳ)



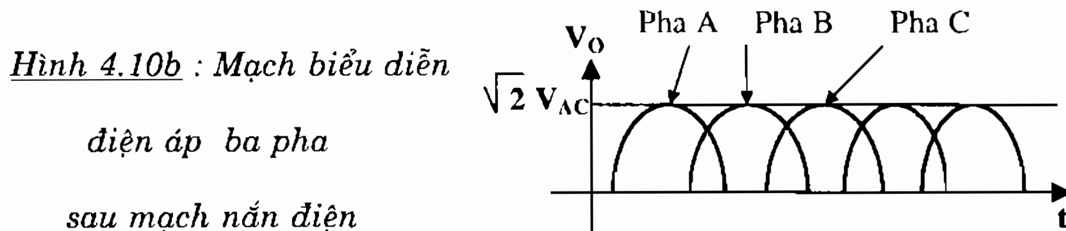
Hình 4.9 : nắn điện ba pha hình tia

Trong mạch này khi pha nào có bán kỳ dương thì diod đó dẫn điện cho dòng qua tải. Điện áp ra trên tải là bán kỳ dương của ba pha lần lượt theo thứ tự pha của nguồn.

Hình 4.10 là đường biểu diễn điện áp trước và sau khi nắn điện.



Hình 4.10a : Đường biểu diễn điện áp ba pha trước mạch nắn điện



Hình 4.10b : Mạch biểu diễn điện áp ba pha sau mạch nắn điện

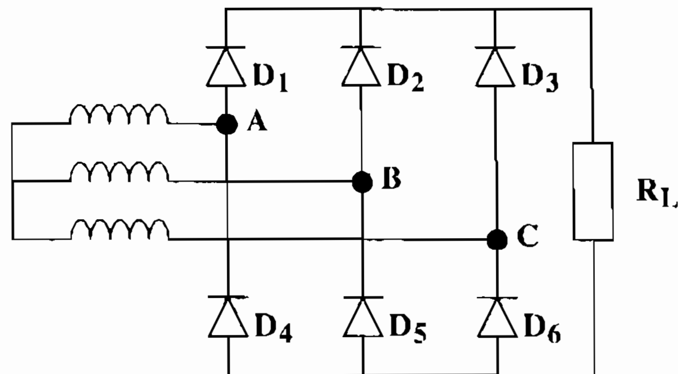
Điện áp một chiều trung bình ra trên tải là:

$$\overline{V_0} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi}\sqrt{2}V_{AC} = 1{,}17V_{AC} \qquad \text{(}V_{AC}\text{: điện áp pha)}$$

Thí dụ: Nguồn ba pha có điện áp pha V_{AC} = 220V, điện áp một chiều trung bình ra sau mạch nắn hình tia là:

$$\overline{V_0} = 1{,}17 \times 220V = 257{,}4V$$

2. Mạch nắn điện ba pha hình cầu: (nắn toàn kỳ)



Hình 4.11

Trong mạch nắn điện ba pha hình cầu dùng sáu diod để nắn toàn kỳ cho cả ba pha. Trong thời gian một chu kỳ (2π) thì điện áp ra trên tải sẽ có sáu chỏm hình sin tạo nên (trong mạch nắn điện hình tia chỉ có ba chỏm trong thời gian một chu kỳ).

Điện áp ra trên tải sẽ có mức gợn sóng thấp và điện áp một chiều trung bình ra trên tải là:

$$\overline{V_0} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi}\sqrt{2}V_{AC} = 2{,}34V_{AC} \qquad \text{(}V_{AC}\text{: điện áp pha)}$$

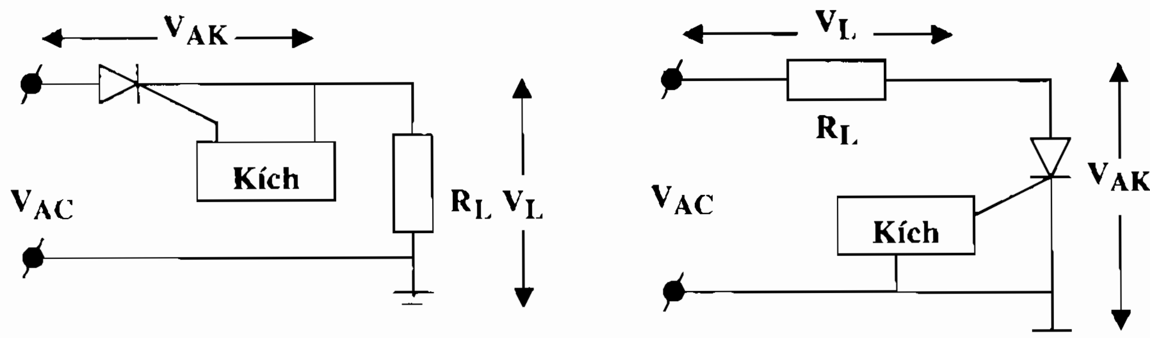
§ 4.3- MẠCH NẮN ĐIỆN BẰNG THYRISTOR (SCR)

1. Mạch nắn điện điều khiển bán kỳ một pha

Đối với các mạch nắn điện điều khiển dùng SCR thì thường SCR được đặt sau tải để khi catod K nối xuống điểm chung (mass) có điện áp 0V thì mạch điều khiển tạo dòng điện kích sẽ có thiết kế tính toán đơn giản hơn.

Khi dùng SCR thì ngoài điều kiện phải có $V_{AK} > 0V$ để phân cực thuận SCR ta cần phải có thêm điều kiện $I_G > 0$. Như vậy, khi nguồn V_{AC} có bán kỳ dương nhưng nếu không kích một xung dương vào cực G thì SCR không dẫn điện, lúc đó điện áp ra trên tải vẫn là 0V.

Khi nguồn V_{AC} có bán kỳ dương và có dòng kích cho I_G thì SCR dẫn bão hoà coi như nối tắt, lúc đó điện áp nguồn được cấp cho tải.



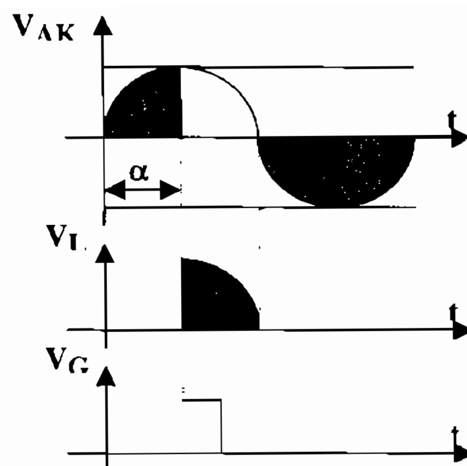
Hình 4.12 : Nắn bán kỳ một pha dùng SCR

Hình 4.12 cho thấy hai cách đặt SCR trong mạch nắn điện điều khiển một pha bán kỳ trong đó cách thứ hai thông dụng hơn.

Hình 4.13 là dạng điện áp trên tải R_L và trên SCR, hai dạng điện áp này sẽ thay đổi theo thời điểm cho ra xung kích vào cực G.

Ở bán kỳ dương khi $I_G = 0$ thì điện áp nguồn đặt trên SCR. Có $I_G > 0$ làm SCR dẫn điện, nguồn đặt trên tải R_L . Khi bán kỳ âm SCR được phân cực ngược nên không dẫn, điện áp nguồn đặt trên SCR.

Trong mạch này sau khi SCR được kích, SCR sẽ duy trì trạng thái dẫn cho hết bán kỳ dương thì SCR sẽ tắt. Ở những bán kỳ dương tiếp theo phải có xung kích tiếp cấp cho cực G thì SCR mới dẫn điện.



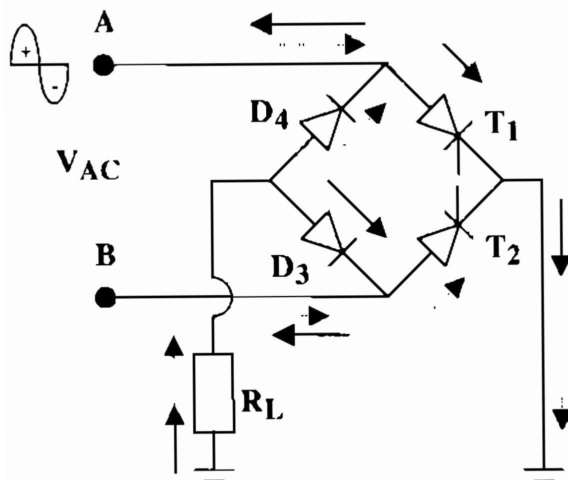
Hình 4.13: Dạng điện áp ở các chân

2. Mạch nắn điện điều khiển toàn kỳ một pha

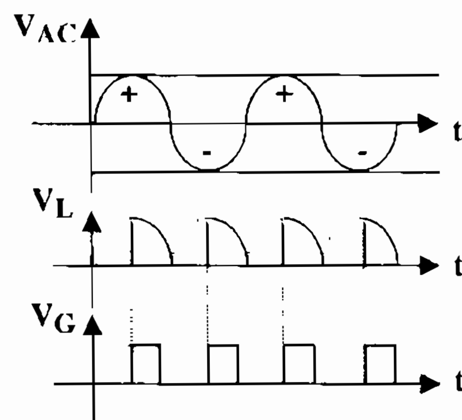
Tương tự như mạch nắn điện bằng diod, trong trường hợp này người ta dùng cầu diod nắn điện gồm hai diod thường và 2 SCR T_1-T_2.

Khi điểm A có bán kỳ dương và nếu T_1 được kích xung dương ở cực G thì T_1 dẫn điện, dòng điện đi từ A qua T_1 rồi qua D_3 về điểm B (đường liền nét).

Khi điểm A có bán kỳ âm và nếu T_2 được kích xung dương ở cực G thì T_2 dẫn điện dòng điện đi từ B qua T_2 xuống mass qua tải R_L rồi qua D_4 về điểm A (đường rời nét).



Hình 4.14: Nắn điện điều khiển toàn kỳ một pha



Hình 4.15: Dạng điện áp ở các chân

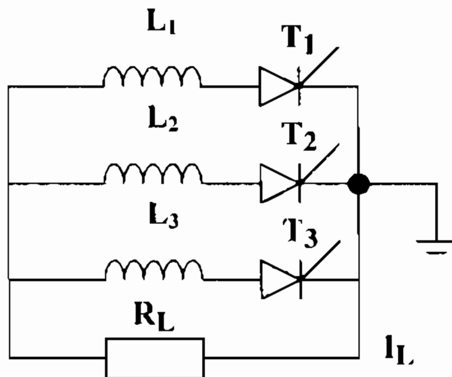
Hình 4.14 là sơ đồ nắn điện điều khiển toàn kỳ dùng cầu diod, trong đó, hai SCR có catod nối mass. Điều này giúp cho mạch tạo xung kích hai cực G được đơn giản.

Hình 4.15 là đường biểu diễn điện áp trên tải (V_L) theo xung kích ở cực G (V_G) so với dạng điện áp xoay chiều ở ngõ vào. Điện áp trên tải sẽ thay đổi theo thời điểm cho xung kích vào cực G.

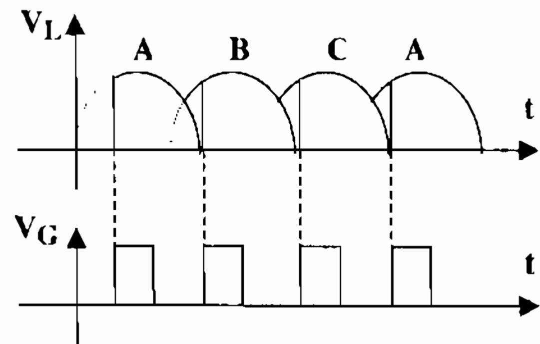
3. Mạch nắn điện điều khiển ba pha hình tia

Mạch nắn điện điều khiển ba pha hình tia có sơ đồ như hình 4.16 trong đó ba cuộn dây của từng pha và N là điểm trung hòa của nguồn xoay chiều ba pha.

Để tiện việc thiết kế mạch tạo xung kích cho cực G của ba SCR người ta nối ba chân catod của ba SCR xuống mass. Như vậy, dòng điện một chiều từ mass lên cho ra điện áp trên tải là điện áp âm so với mass.



Hình 4.16: Nắn điện ba pha hình tia



Hình 4.17: Dạng sóng trên tải ứng với xung kích

Hình 4.17 cho thấy dạng điện áp ra trên tải là những bán kỳ bị điều khiển cắt bỏ một phần. Khoảng bị cắt bỏ ứng với thời gian trễ của xung kích đưa vào cực G của ba SCR. Nhờ có mạch đồng bộ nên thời gian trễ của mỗi bán kỳ ứng với mỗi pha sẽ bằng nhau.

Mạch nắn điện điều khiển ba pha hình tia còn gọi là mạch điều khiển bán kỳ ba pha, nghĩa là mỗi pha chỉ có một bán kỳ có dòng điện qua tải.

4. Mạch điều khiển ba pha hình cầu

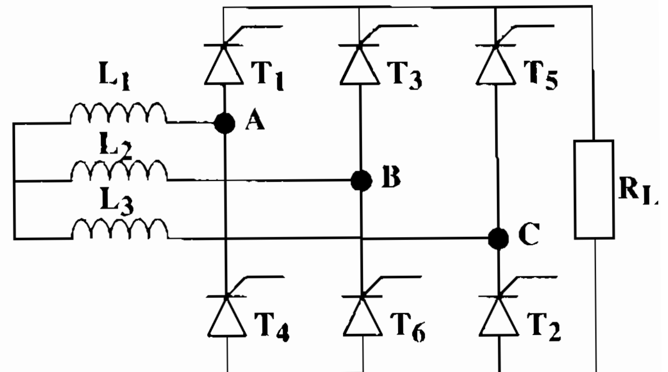
Mạch nắn điện điều khiển ba pha gồm sáu thyristor chia ra hai nhóm

- Nhóm catod chung là T_1-T_3-T_5

- Nhóm anod chung là T_4-T_6-T_2

Khi có xung điều khiển mở SCR T_1 thì T_5 bị khoá lại một cách tự nhiên vì khi pha một có bán kỳ dương thì pha ba có bán kỳ âm, nên tức thời T_5 bị khóa ngưng dẫn. Khi T_2 có xung điều khiển thì T_6 sẽ bị khóa ngưng dẫn. Suy luận tương tự cho T_2 và T_4.

Hình 4.18 : Mạch nắn điện ba pha hình cầu (toàn kỳ)



Đây là mạch nắn điện toàn kỳ nên các xung điều khiển lệch nhau 60^0 thay vì 120^0 như nguồn xoay chiều trước khi nắn điện. Các xung điều khiển lệch nhau 60^0 ($\pi/3$) sẽ lần lượt đưa đến các cực G của các SCR theo thứ tự 1-2-3-4-5-6-1 ...

Khi cho xung kích mở một SCR thì khoá SCR đang dẫn điện trước theo thứ tự sau:

- Mở T_1 $\rightarrow$ khóa T_5 - Mở T_2 $\rightarrow$ khóa T_6

- Mở T_3 $\rightarrow$ khóa T_1 - Mở T_4 $\rightarrow$ khóa T_2

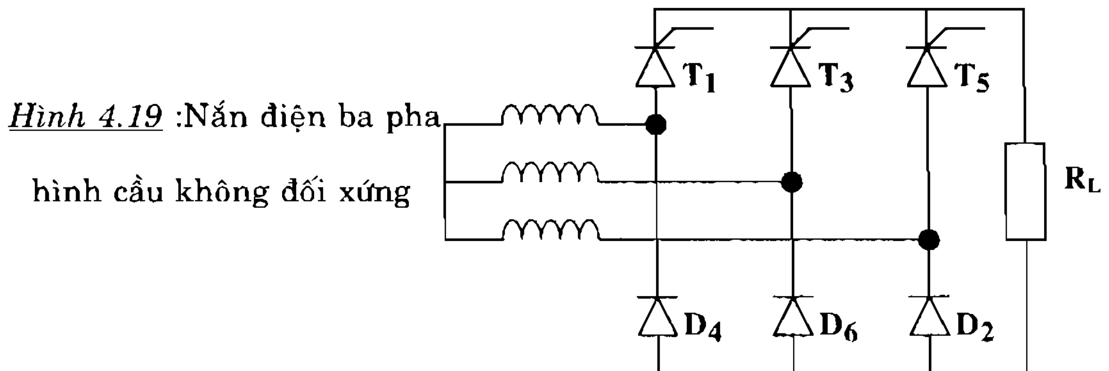
- Mở T_5 $\rightarrow$ khóa T_3 - Mở T_6 $\rightarrow$ khóa T_4

Tùy thuộc thời điểm tạo xung kích mà dòng điện được nắn điện cấp cho tải có trị số lớn hay nhỏ.

5. Mạch nắn điện điều khiển ba pha hình cầu không đối xứng

Trong trường hợp mạch nắn điện ba pha hình cầu không đối xứng thì mạch chỉ dùng ba SCR (ở nhóm catod chung) và thay ba SCR ở nhóm anod chung bằng ba diod nắn điện thông thường.

Mạch nắn điện hình cầu không đối xứng có ưu điểm là đơn giản, rẻ tiền nhưng điện áp sau khi nắn điện có gợn sóng cao, cần có mạch lọc điện để giảm thành phần xoay chiều.



Hình 4.19 :Nắn điện ba pha hình cầu không đối xứng

CHƯƠNG 5
MẠCH INVERTER

§5.1- ĐẠI CƯƠNG

Trong sản xuất công nghiệp, để tạo nguồn một chiều cấp cho các loại phụ tải DC - như động cơ một chiều, các loại rơ-le DC - người ta dùng các loại mạch nắn điện bằng diod hay SCR để đổi từ nguồn xoay chiều ra một chiều. Trong các mạch nắn điện dùng SCR thì ta có thể thay đổi trị số điện áp DC trung bình ở ngõ ra bằng cách thay đổi góc kích ở cực G của SCR.

Đối với động cơ xoay chiều 3 pha, để có thể thay đổi tốc độ phẳng, tuyến tính trong phạm vi rộng, cần nguồn xoay chiều có thể thay đổi được tần số, người ta dùng hệ thống biến tần.

Hệ thống biến tần là hệ thống biến đổi từ nguồn xoay chiều công nghiệp có tần số là f_1 (thường là 50Hz) sang tần số khác thay đổi được là f_2.

Hệ thống biến tần được chia làm 2 loại:

- Biến tần gián tiếp và biến tần trực tiếp.

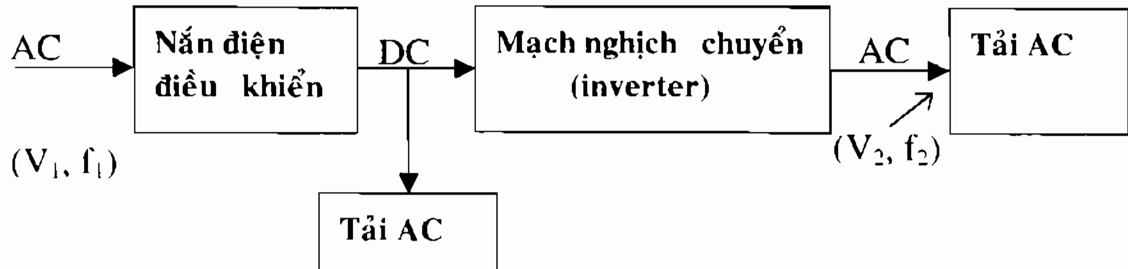
Hệ thống biến tần trực tiếp hiện không còn được sử dụng vì mạch điện phức tạp, cồng kềnh và giá thành cao.

Hệ thống biến tần gián tiếp gồm 3 phần chính là:

- Mạch chỉnh lưu: đổi từ nguồn xoay chiều ra một chiều
- Mạch trung gian: giữ cho điện áp ra của mạch chỉnh lưu là hằng số hay giữ cho dòng điện ra của mạch chỉnh lưu là hằng số
- Mạch nghịch chuyển (Inverter): đổi từ nguồn một chiều ra nguồn xoay chiều có điện áp và tần số thay đổi được.

Do tính chất khác nhau của mạch trung gian nên có tên gọi là hệ thống biến tần áp gián tiếp hay dòng gián tiếp.

- Trong sơ đồ khối hình 5.1, **mạch nắn điện điều** khiển dùng SCR nên có thể thay đổi mức điện áp một chiều trung bình ở ngõ ra. Mạch nghịch chuyển có chức năng đổi ngược lại từ nguồn một chiều sang xoay chiều với tần số ra f_2 thay đổi được.



Hình 5.1: Mạch chuyển đổi AC → DC, DC → AC

Hệ thống biến tần còn được phân loại theo số pha ở ngõ ra.

- Hệ thống biến tần một pha để cấp nguồn cho các động cơ xoay chiều một pha.
- Hệ thống biến tần ba pha để cấp nguồn cho các động cơ xoay chiều ba pha.

§ 5.2- PHƯƠNG PHÁP LÀM NGƯNG SCR ĐANG DẪN

Như đã biết, SCR có tính duy trì trạng thái dẫn điện của nó sau khi đã được kích dẫn nếu SCR dùng trong nguồn DC.

Dựa vào đặc tính kỹ thuật của SCR, người ta có thể làm ngưng SCR đang dẫn điện trong nguồn DC bằng ba phương pháp:

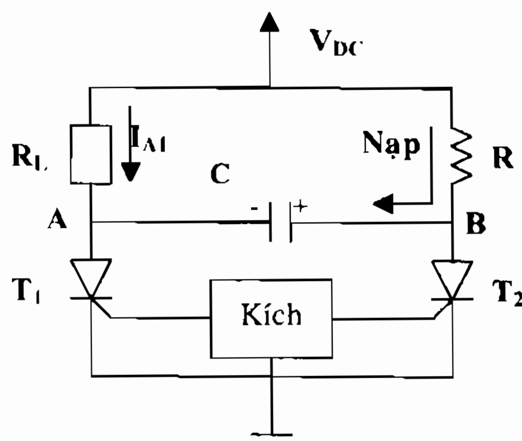
- Cắt nguồn điện cung cấp cho SCR

- Giảm dòng điện I_A qua SCR xuống dưới trị số dòng điện duy trì I_H

- Tạo điện áp phân cực ngược anod và catod để cắt dòng điện qua SCR

Mạch điện hình 5.2 được gọi là mạch băm điện áp một chiều, vì hai SCR T_1-T_2 sẽ luân phiên được kích dẫn và kích ngưng liên tục tạo theo nhịp xung kích do mạch tạo xung cho ra.

Hình 5.2: Mạch băm điện áp một chiều



Giả thiết T_1 được kích trước nên dẫn điện và có dòng I_{A1} qua tải R_L. Khi T_1 dẫn, điểm A coi như nối mass nên tụ C sẽ nạp điện qua điện trở R và có điện áp nạp được theo chiều A âm, B dương. Điện áp nạp được trên tụ có trị số gần bằng V_{DC}.

Khi T_2 được kích dẫn điện, điểm B coi như nối xuống mass và điểm A sẽ có điện áp âm $-V_{CC}$ do tụ C đang được nạp điện. Điện áp âm này sẽ phân cực ngược T_1 và T_1 đang dẫn điện sẽ bị ngắt. Lúc đó, T_2 dẫn - T_1 ngưng và tụ C xả điện qua tải R_L. Sau khi xả xong, tụ C sẽ nạp điện qua R_L và có điện áp nạp được theo chiều ngược lại với hình vẽ.

Tương tự, nếu sau đó T_1 lại được kích dẫn điện thì tụ lại xả điện làm phân cực ngược T_2 và T_2 ngưng dẫn, mạch trở lại trạng thái ban đầu.

Theo nguyên lý trên, dòng điện qua tải R_L là dòng điện một chiều gián đoạn theo tần số của mạch tạo xung kích.

Tụ điện C là tụ điện dùng để đổi trạng thái của T_1 - T_2 nên được gọi là tụ điện chuyển mạch có trị số được tính theo công thức:

$$C = \frac{1{,}44 \cdot I_A \, t_{off}}{V_{DC}}$$

Trong công thức tính trị số tụ C thì t_{off} là thời gian kể từ khi kích T_2 dẫn đến khi tụ xả hết điện áp âm trên tụ.

Thí dụ: Dòng tải có $I_A = 500mA$; $V_{DC} = 100V$; $t_{off} = 1ms$

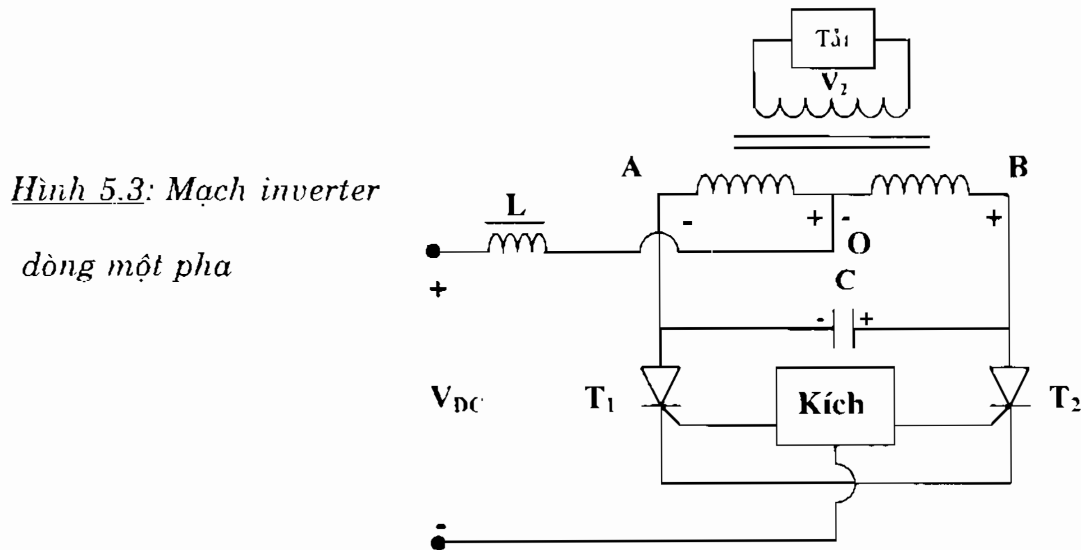
Trị số tụ C là: $$C = \frac{1{,}44 \cdot 0{,}5A \cdot 10^{3}}{100V} = 7{,}2\mu F$$

Do tụ C nạp điện áp đổi chiều liên tục nên phải chọn loại tụ dùng với điện áp xoay chiều.

§ 5.3. MẠCH INVERTER DÒNG MỘT PHA

1. Sơ đồ

Biến áp dùng trong mạch này là loại biến áp có điểm giữa ở sơ cấp chia sơ cấp ra hai phần bằng nhau về số vòng dây và có chiều quấn dây là điểm A đầu và O cuối, điểm O đầu và B cuối.



Hình 5.3: Mạch inverter dòng một pha

Cuộn dây L nối tiếp với nguồn một chiều có tác dụng giới hạn dòng điện khi mở điện. Tụ C dùng để nạp và xả điện làm cho SCR ngưng dẫn gọi là tụ điện chuyển mạch.

2. Nguyên lý

Giả thiết T_1 được kích trước nên T_1 dẫn, T_2 ngưng. Lúc đó, có dòng điện đi từ nguồn dương qua cuộn dây L, qua cuộn sơ cấp từ O đến A và qua T_1 trở về nguồn âm.

Lúc đó, cuộn sơ cấp OB sẽ cảm ứng điện áp theo nguyên lý biến áp tự ngẫu nên điện áp giữa hai điểm AB nạp vào tụ C có trị số bằng $2V_{DC}$ và tụ C nạp theo chiều âm ở A và dương ở B (như hình vẽ).

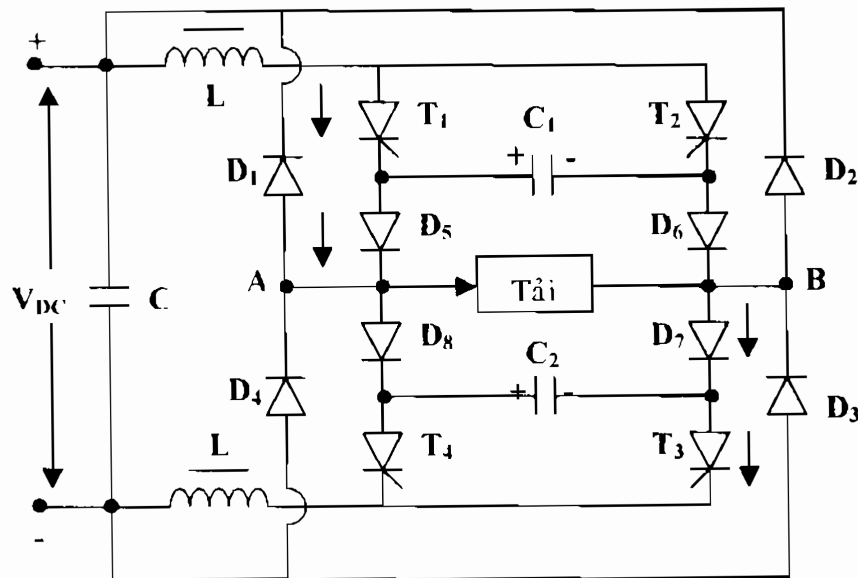
Sau đó, nếu có xung kích T_2 thì T_2 dẫn, tụ C xả điện áp âm $-2V_{DC}$ làm T_1 ngưng (do T_1 bị phân cực ngược). Bây giờ sẽ có dòng điện đi từ nguồn dương qua cuộn dây L, qua cuộn sơ cấp từ O đến điểm B, qua T_2 trở về nguồn âm. Lúc đó, cuộn sơ cấp OA cũng sẽ cảm ứng điện áp theo nguyên lý biếp áp tự ngẫu nên điện áp giữa hai điểm AB nạp vào tụ C cũng có trị số bằng hai lần V_{DC}, nhưng theo chiều ngược lại, và tụ C nạp theo chiều dương ở A và âm ở B (ngược lại với hình vẽ).

Ở hai trường hợp dòng điện qua hai cuộn sơ cấp chạy ngược chiều nhau nên khi cảm ứng sang thứ cấp sẽ cho ra dòng điện xoay chiều. Dòng điện xoay chiều ra ở thứ cấp có điện áp tùy thuộc tỉ lệ số vòng dây giữa sơ cấp và thứ cấp, tần số tùy thuộc vào tần số của mạch tạo xung kích.

§ 5.4. MẠCH INVERTER ÁP MỘT PHA

1. Sơ đồ

Mạch Inverter áp một pha dùng cầu SCR từ T_1 đến T_4, chia ra hai cặp T_1-T_3 và T_2-T_4, được điều khiển luân phiên. Tụ C là tụ lọc thành phần xoay chiều và là tụ nạp điện áp phản kháng đưa trả về nguồn.



Hình 5.4: Mạch Inverter áp một pha

Hai tụ C_1-C_2 là tụ chuyển mạch để làm ngắt các SCR đang dẫn, cầu diod D_1 đến D_4 là mạch nắn điện ngược đưa điện áp phản kháng về tụ lọc C. Cầu diod từ D_5 đến D_6 dùng để cách ly không cho các tụ chuyển mạch C_1 và C_2 phóng điện qua tải.

Các cuộn dây nối tiếp với nguồn có tác dụng giới hạn dòng ban đầu.

2. Nguyên lý

Giả thiết T_1 và T_3 đã được kích và dẫn điện, dòng điện sẽ đi từ nguồn dương qua T_1-D_5-Tải-D_7-T_3 rồi trở về nguồn âm. Như vậy, dòng điện qua tải theo chiều từ A sang B. Lúc đó, A có điện áp của nguồn dương và B có điện áp của nguồn âm, nên tụ C_1 và C_2 sẽ nạp điện theo chiều như hình vẽ.

Khi có xung kích cho T_2 và T_4 thì tụ C_1 sẽ xả điện áp âm làm phân cực ngược T_3, lúc đó T_1-T_3 ngưng và T_2-T_4 dẫn. Dòng điện bây giờ sẽ đi từ nguồn dương qua T_2-T_6-Tải-D_8-T_4 rồi trở về nguồn âm.

Như vậy, dòng điện qua tải theo chiều từ B sang A.

Trường hợp này A có điện áp của nguồn âm, B có điện áp của nguồn dương nên hai tụ C_1-C_2 sẽ nạp điện áp theo chiều ngược lại với hình vẽ để chuẩn bị làm ngắt T_2-T_4. Tần số của dòng điện xoay chiều cấp cho tải chính là tần số của mạch tạo xung kích cho các SCR từ T_1 đến T_4.

§ 5.5- MẠCH INVERTER KIỂU CỘNG HƯỞNG NỐI TIẾP

1. Sơ đồ

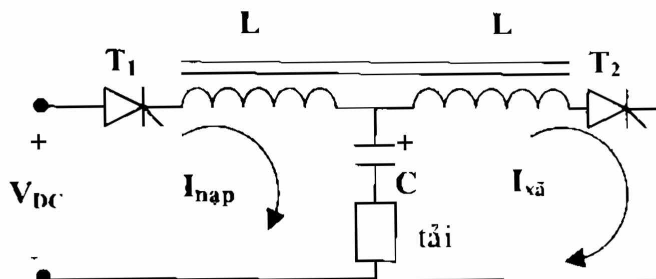
Trong mạch điện hình 5.5 chỉ có dùng hai SCR T_1 và T_2 nhằm luân phiên được kích để dẫn điện. Hai cuộn dây cũng có tác dụng giới hạn dòng ban đầu khi mở điện.

2. Nguyên lý

Giả thiết T_1 được kích nên T_1 dẫn , tụ C nạp điện nên có dòng điện qua tải theo chiều từ nguồn dương qua T_1-L-tụ C-qua tải như hình vẽ. Khi tụ C nạp đầy thì dòng điện nạp bằng 0 và T_1 tự ngưng dẫn.

Nếu sau đó cho xung kích T_2 thì T_2 dẫn tụ C xả điện theo chiều từ đầu dương của tụ qua L-T_2 rồi qua tải theo chiều ngược với chiều dòng điện nạp ban đầu .

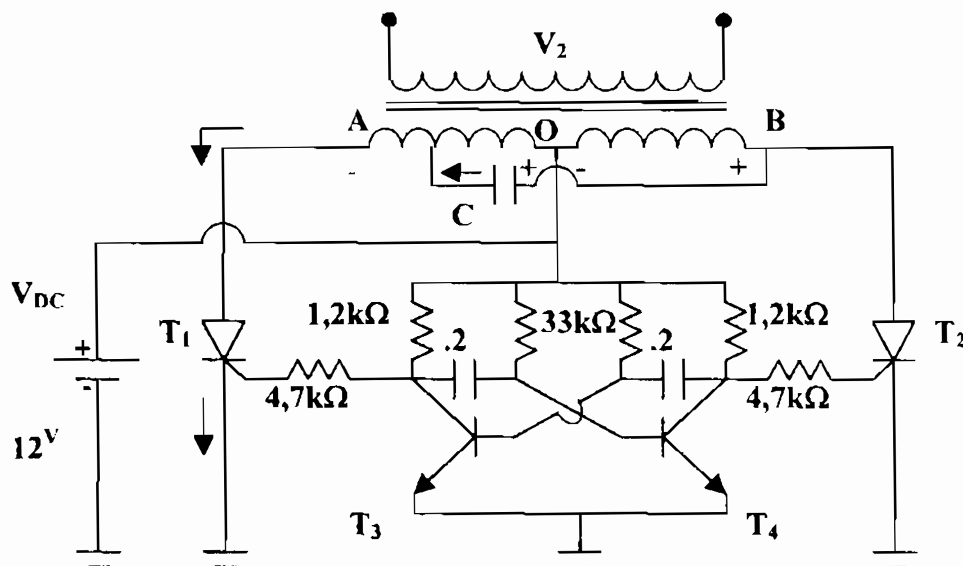
Hình 5.5: Inverter cộng hưởng nối tiếp



Mạch này có ưu điểm là dòng điện tải gần giống dạng hình sin, khi bỏ hở mạch điều khiển thì mạch Inverter cũng ngưng hoạt động.

3. Mạch Inverter có công suất nhỏ

Nguồn một chiều là ắc-qui 12V sẽ cấp dòng cho cuộn sơ cấp của biến áp. T_1 và T_2 là hai SCR dùng để điều khiển dòng qua cuộn sơ cấp theo hai chiều ngược nhau và luân phiên.



Hình 5.6: Mạch Inverter công suất nhỏ

Hai transistor T_3-T_4 là mạch dao động đa hài phi ổn tạo ra xung vuông để luân phiên kích cực G của T_1-T_2 .

Tụ C là tụ điện chuyển mạch sẽ nạp và xả điện để làm ngưng T_1-T_2.

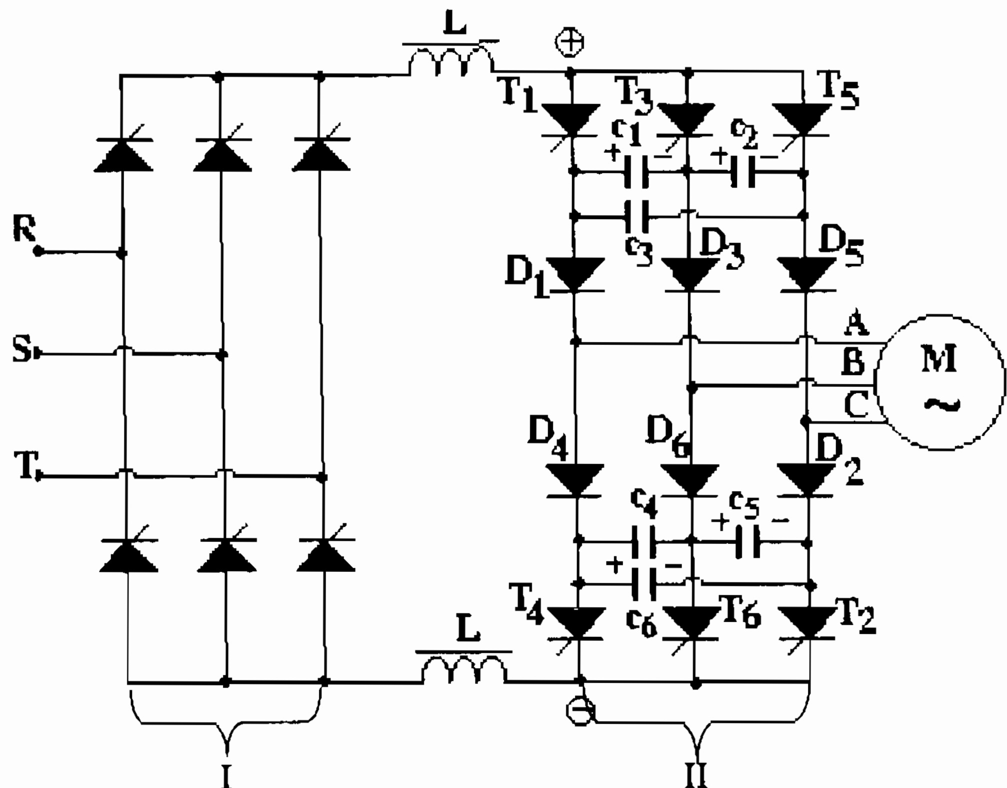
Giả thiết T_3 cho ra xung vuông kích cực G_1 làm T_1 dẫn, dòng từ nguồn dương qua cuộn sơ cấp từ 0 sang A sẽ cảm ứng sang cuộn thứ cấp. Do nguyên lý của biến áp tự ngẫu, cuộn sơ cấp 0B cũng cảm ứng và cho ra điện áp $V_{AB} = 2.V_{DC}$, điện áp này sẽ nạp vào tụ C theo hướng B dương - A âm như hình vẽ.

Khi T_4 cho ra xung vuông kích cực G_2 làm T_2 dẫn, tụ C sẽ xả điện làm phân cực ngược T_1 nên T_1 ngưng. Bây giờ có dòng từ nguồn dương qua cuộn sơ cấp từ 0 sang B cũng sẽ cảm ứng sang cuộn thứ cấp. Trường hợp này cuộn sơ cấp A0 cũng cảm ứng và cho ra điện áp $V_{AB} = 2V_{DC}$ và điện áp này sẽ nạp vào tụ C theo chiều A dương B âm ngược lại với hình vẽ.

Hai trường hợp dòng điện qua cuộn sơ cấp có chiều ngược nhau nên điện áp cảm ứng trên cuộn thứ cấp sẽ là hai bán kỳ ngược pha. Tần số của dòng điện xoay chiều ra ở thứ cấp chính là tần số của mạch dao động đa hài T_3-T_4.

§ 5.6- MẠCH INVERTER DÒNG BA PHA GIÁN TIẾP

1) Sơ đồ



Hình 5.6: Mạch Inverter dòng ba pha gián tiếp

Cầu diod I là mạch nắn điện toàn kỳ ba pha. Thường dùng SCR để điều chỉnh mức điện áp trung bình của nguồn một chiều ra.

Cầu diod II là mạch inverter để biến tần. Trong mỗi nửa cầu diod có ba tụ điện làm nhiệm vụ chuyển mạch.

Cầu diod nắn điện qua điện cảm L để giảm thành phần gợn sóng nên sẽ cung cấp cho mạch inverter dòng điện là hằng số.

Các SCR từ T1 đến T6 đã cắt dòng điện một chiều thành hai khối chữ nhật gồm một khối dương và một khối âm, mỗi khối kéo dài 120^o điện, khối này cách khối kia 60^o. Tại bất cứ thời điểm nào cũng chỉ có hai SCR dẫn điện.

2) Nguyên lý

Các SCR trong mạch biến tần được điều khiển kích theo thứ tự: T_1-T_2-T_3-T_4-T_5-T_6.

Dòng điện cấp cho các pha A-B-C được biểu diễn như hình 5.7.

Theo hình vẽ ta có, nửa sau bán kỳ dương của pha A sẽ đi từ nguồn dương qua T_1, qua tải, qua T_2 rồi trở về nguồn âm. Kế đến, nửa trước bán kỳ dương của pha B sẽ đi từ nguồn dương qua T_3, qua tải, qua T_2 rồi trở về nguồn âm...

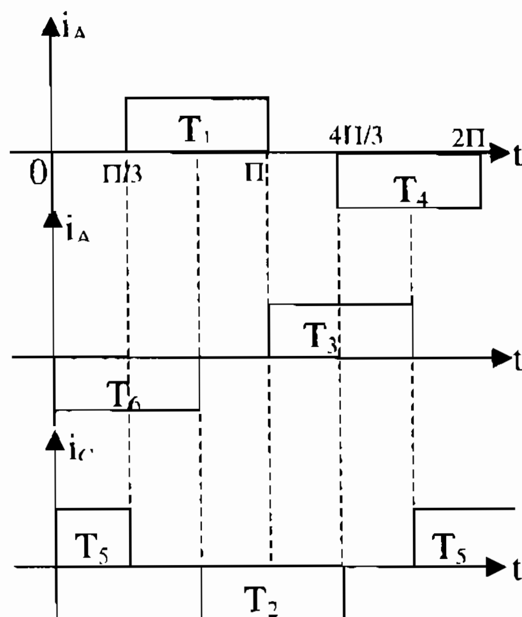
Giả thiết T_1 và D_1 dẫn cho dòng điện đi vào pha A trong động cơ rồi ra pha C, qua D_2-T_2 trở về nguồn âm. Lúc đó, tụ C_1 và C_6 nạp điện theo chiều như hình vẽ.

Khi có xung kích làm T_3 dẫn thì tụ C_1 xả điện làm T_1 ngưng và ngắt dòng I_A. Bây giờ có dòng điện qua T_3-D_3 đi vào pha B rồi ra pha C qua D_2-T_2 trở về nguồn âm. Lúc đó, tụ C_2 và C_5 nạp điện theo chiều như hình vẽ.

Khi có xung kích T_4 thì tụ C_6 xả điện làm T_2 ngưng và ngắt dòng i_B. Bây giờ có dòng điện qua T_5-D_5 đi vào pha C rồi qua pha A, qua D_4-T_4 trở về nguồn âm. Lúc đó, tụ C_4 nạp điện theo chiều ngược với C_5.

Khi có xung kích T_5 thì tụ C_2 xả điện làm T_3 ngưng. Bây giờ có dòng điện qua T_5-D_5 đi vào pha C rồi qua pha A, qua D_4-T_4 trở về nguồn âm. Lúc đó, tụ C_6 nạp điện ngược với chiều của hình vẽ.

Khi có xung kích T_6 thì tụ C_4 xả điện làm T_4 ngưng và ngắt dòng i_C. Bây giờ có dòng điện qua T_5-D_5 đi vào pha C rồi qua pha B, qua D_6-T_6 trở về nguồn âm. Lúc đó, tụ C_2-C_5 sẽ nạp điện ngược lại theo hình vẽ. Khi có xung kích trở lại kích T_1 thì tụ C_3 xả điện làm T_5 ngưng. Chu kỳ được lặp lại, dòng điện qua T_1-D_1 đi vào pha A rồi ra pha C, qua D_6-T_6 trở về nguồn âm.



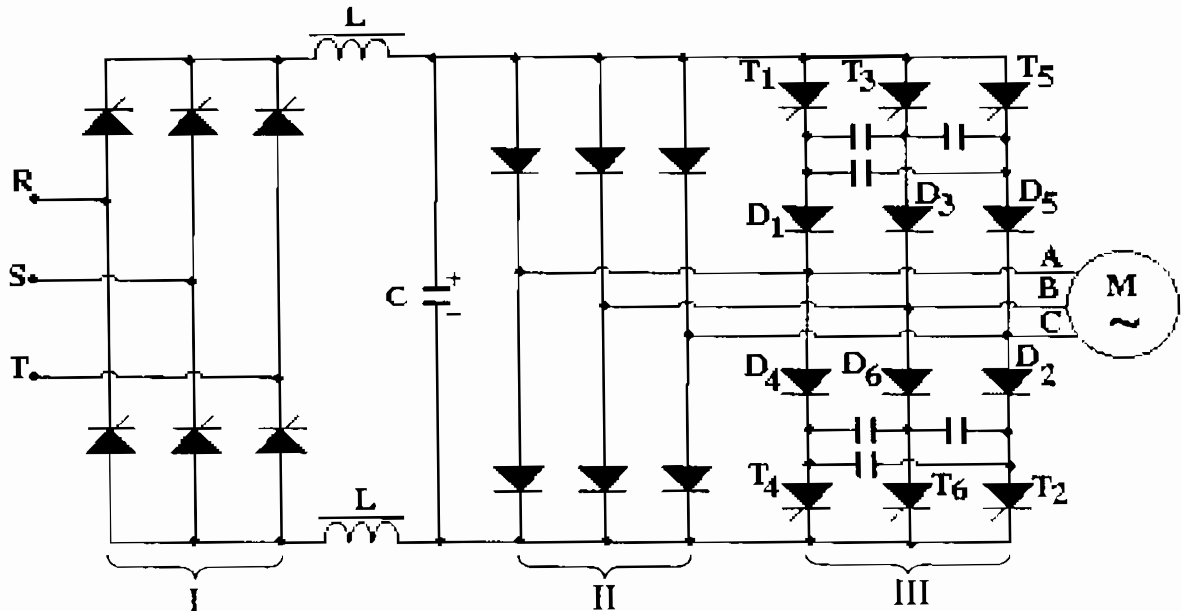
Hình 5.7: Đường biểu diễn dòng ba pha cấp cho tải

Nhận xét đường biểu diễn dòng ba pha cấp cho tải theo hình 5.7 cho thấy: trong mỗi bán kỳ dương và bán kỳ âm của dòng ba pha cấp cho tải có 1/3 thời gian đầu dòng điện bằng 0, 2/3 thời gian sau mới có dòng. Thí dụ dòng cấp cho pha A: thời gian từ 0 đến thì $I_A = 0$, $\pi/3$ đến π có dòng điện dương do T_1 dẫn, thời gian từ π đến $2\pi/3$ thì $I_A = 0$, từ $2\pi/3$ đến 2π có dòng điện âm do T_4 dẫn.

Tần số của dòng điện ba pha cấp cho tải có trị số tuỳ thuộc tần số của mạch tạo xung kích cho các SCR trong mạch Inverter. Theo chu kỳ cứ 6 xung kích do mạch tạo xung tạo ra thì mỗi SCR được kích một lần. Như vậy, chu kỳ dòng điện ba pha ra là T = 6Tx (Tx: chu kỳ xung kích). Suy ra tần số là: $f = \dfrac{1}{6Tx}$

§ 5.7- MẠCH INVERTER ÁP BA PHA GIÁN TIẾP

1) Sơ đồ



Hình 5.8 Mạch Inverter áp ba pha gián tiếp

Nhóm SCR (I) là mạch chỉnh lưu có điều khiển, đổi từ nguồn xoay chiều ba pha (R-S-T) ra nguồn một chiều.

Mạch LC là mạch lọc nguồn để loại bỏ thành phần gợn sóng, cho ra nguồn một chiều thẳng hàng.

Nhóm SCR và Diod (III) là mạch Inverter (mạch nghịch chuyển) ba pha, đổi từ nguồn một chiều trên tụ lọc C ra dòng điện xoay chiều ba pha cấp cho động cơ.

Nhóm Diod (II) là mạch chỉnh lưu ngược (nghịch lưu) đưa điện áp phản kháng do các cuộn dây trong động cơ tạo ra nạp trở về nguồn.

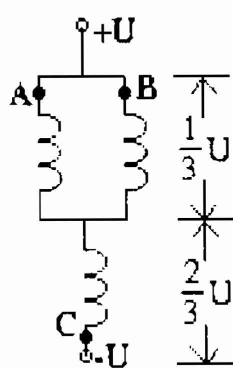
2. Nguyên lý

Ba SCR T_1-T_3-T_5 được gọi là nhóm SCR anod chung, ba SCR T_2-T_4-T_6 được gọi là nhóm catod chung. Trong mạch này mỗi SCR sẽ dẫn trong 180^0 điện. Trong mỗi thời điểm đều có ba SCR dẫn điện, hai SCR của nhóm này và một SCR của nhóm kia.

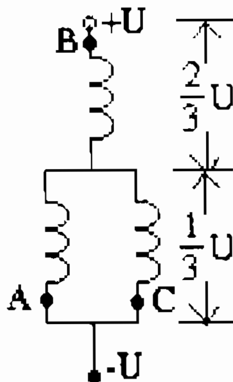
Khi SCR trong nhóm anod chung dẫn thì dòng điện từ nguồn dương vào tải, khi SCR trong nhóm catod chung dẫn thì dòng điện từ tải về nguồn âm.

Trường hợp tải ba pha đấu hình sao thì mỗi pha của tải hoặc đấu song song với tải của pha thứ hai rồi nối tiếp với tải của pha thứ ba, hoặc đấu nối tiếp với tải của hai pha kia đang đấu song song nhau (xem minh hoạ trong hình 5.9).

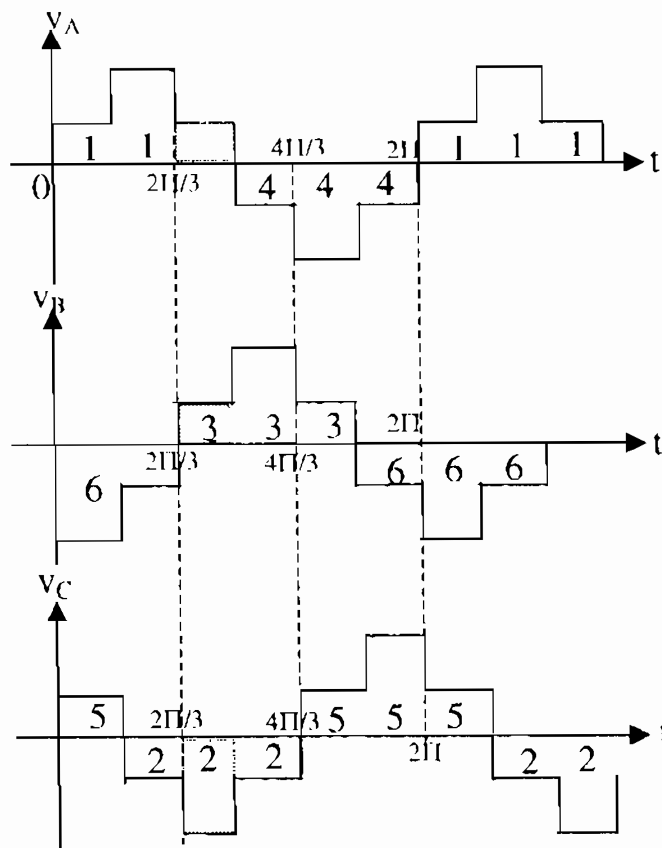
Vì vậy, điện áp đặt trên mỗi pha bằng 1/3 V_{DC} khi nó nối song song với tải của pha khác, hay bằng 2/3 V_{DC} khi nó nối tiếp với tải của hai pha kia đang đấu song song.



Hình 5.9a: T_1-T_2-T_3 dẫn



Hình 5.9b: T_2-T_3-T_4 dẫn



Hình 5.10 Đường biểu diễn điện áp ba pha cấp cho tải

Trong mỗi chu kỳ có sáu tổ hợp SCR dẫn điện theo thứ tự là: T_1-T_2-T_3, T_2-T_3-T_4, T_3-T_4-T_5, T_4-T_5-T_6, T_5-T_6-T_1, T_6-T_1-T_2.

Phân tích trên đường biểu diễn điện áp ba pha cấp cho tải (hình 5.10), trong thời điểm có đường gạch chéo thì các SCR dẫn điện là T_1-T_2-T_3. Các

cuộn dây của ba pha sẽ được nối như trong hình 5.9a. Điện áp trên pha A và pha B là +1/3U, điện áp trên pha C là −2/3U.

Ở thời điểm tiếp theo, T_4 sẽ được kích dẫn, T_1 bị ngắt, các SCR dẫn điện là T_2-T_3-T_4. Các cuộn dây của ba pha sẽ được nối như trong hình 5.9b. Điện áp trên pha B là +2/3 U, điện áp trên pha C và pha A là −1/3U.

Tần số của dòng điện xoay chiều ba pha cấp cho tải vẫn được tính theo công thức:

$$f = \frac{1}{6Tx}$$ (Tx: chu kỳ xung kích)

Để thay đổi điện áp ra của tải, người ta thay đổi góc kích cho cầu SCR nắn điện (I) sẽ cho ra mức điện áp một chiều trung bình thay đổi.

CHƯƠNG 6

MẠCH CONVERTER

§ 6.1- ĐẠI CƯƠNG

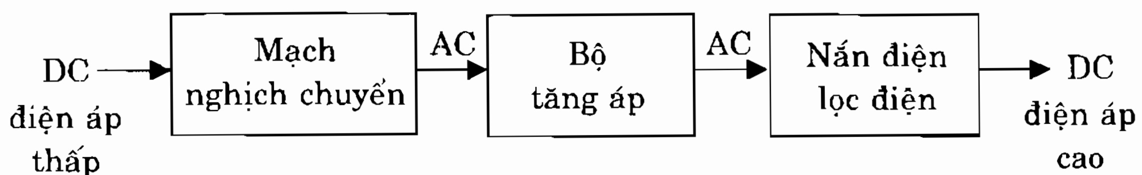
Hầu hết các nhà máy công nghiệp quy mô lớn đều có trạm phân phối điện trung áp/hạ áp. Trong các trạm phân phối này, việc điều khiển đóng ngắt các CB trung thế, CB hạ thế, cũng như các mạch điều khiển, bảo vệ, báo hiệu ... đều dùng nguồn điện một chiều.

Nguồn điện một chiều thông dụng được dùng trong các trạm phân phối là các bộ ắc-quy hay các bộ pin Nicken Cadmium 12V hay 24V. Một số động cơ DC dùng để điều khiển đóng ngắt các CB, các mạch đo lường, báo vệ, báo hiệu ... cần nguồn một chiều điện áp cao (Td: 100VDC).

Từ yêu cầu thực tế trên, trong các trạm phân phối điện thường có mạch Converter và mạch nạp ắc-quy tự động.

Mạch Converter có chức năng đổi từ nguồn một chiều điện áp thấp ra nguồn một chiều điện áp cao (DC to DC). Thí dụ: từ 12VDC ra 100VDC.

Hình 6.1 cho thấy các khối chức năng trong mạch Converter.



Hình 6.1: Sơ đồ khối mạch Converter

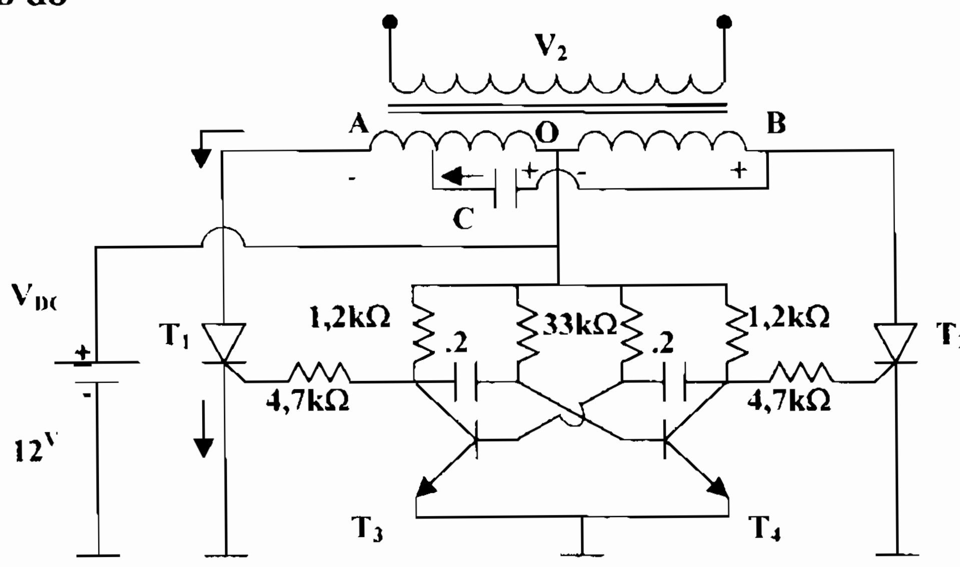
Mạch nạp ắc-quy tự động lấy điện áp xoay chiều của lưới hạ áp qua mạch giảm áp, nắn điện và nạp vào ắc-quy để tạo nguồn một chiều dự phòng. Khi chưa đóng điện trung áp hay hạ áp thì các mạch điều khiển, đo lường, bảo vệ ... dùng nguồn một chiều kể trên vẫn hoạt động bình thường.

Sau một thời gian cung cấp điện cho tải, điện áp của nguồn một chiều giảm, mạch sẽ tự động nạp điện bổ sung vào nguồn, khi nguồn được nạp đầy mạnh sẽ tự động ngắt.

Trong chương này sẽ giới thiệu các loại mạch Converter thông dụng và các loại mạch nạp điện cho ắc-quy tự động thường dùng trong các hệ thống điều khiển của trạm điện.

§ 6.2- MẠCH CONVERTER DÙNG SCR

1. Sơ đồ



Hình 6.2: Mạch Converter dùng SCR

2. Nguyên lý

Nguồn một chiều là ắc-quy 12V sẽ cấp dòng cho cuộn sơ cấp của biến áp. T_1 và T_2 là hai SCR dùng để điều khiển dòng qua cuộn sơ cấp theo hai chiều ngược nhau và luân phiên.

Hai transistor T_3-T_4 là mạch dao động đa hài phi ổn tạo ra xung vuông để luân phiên kích cực G của T_1-T_2.

Tụ C là tụ điện chuyển mạch sẽ nạp và xả điện để làm ngưng T_1-T_2.

Giả thiết T_3 cho ra xung vuông kích cực G_1 làm T_1 dẫn, dòng từ nguồn dương qua cuộn sơ cấp từ O sang A sẽ cảm ứng sang cuộn thứ cấp. Do nguyên lý của biến áp tự ngẫu cuộn sơ cấp OB cũng cảm ứng và cho ra

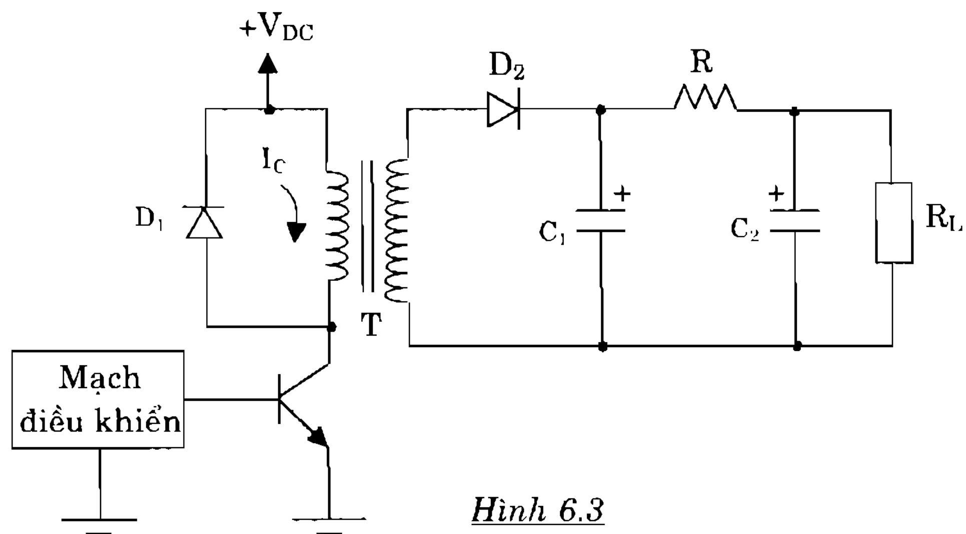
điện áp $V_{AB} = 2V_{DC}$, điện áp này sẽ nạp vào tụ C theo hướng B dương - A âm như hình vẽ.

Khi T_4 cho ra xung vuông kích cực G_2 làm T_2 dẫn, tụ C sẽ xả điện làm phân cực ngược T_1 nên T_1 ngưng. Bây giờ có dòng từ nguồn dương qua cuộn sơ cấp từ O sang B cũng sẽ cảm ứng sang cuộn thứ cấp. Trường hợp này cuộn sơ cấp AO cũng cảm ứng và cho ra điện áp $V_{AB} = 2V_{DC}$ và điện áp này sẽ nạp vào tụ C theo chiều A dương B âm ngược lại với hình vẽ.

Hai trường hợp dòng điện qua cuộn sơ cấp có chiều ngược nhau nên điện áp cảm ứng trên cuộn thứ cấp sẽ là hai bán kỳ ngược pha. Tần số của dòng điện xoay chiều ra ở thứ cấp chính là tần số của mạch dao động đa hài T_3-T_4.

§ 6.3- MẠCH CONVERTER DÙNG TRANSISTOR

1. Mạch Converter dùng một transistor



Hình 6.3

Trong sơ đồ hình 6.3, nguồn $+V_{DC}$ thường có trị số thấp (12V hay 24V). Mạch điều khiển thường là mạch dao động tạo xung vuông để điều khiển phân cực cho transistor công suất. Dòng điện I_C qua cuộn sơ cấp là dòng điện xoay chiều có tần số theo tần số của tín hiệu điều khiển.

Biến áp T là bộ tăng áp nên có số vòng dây thứ cấp lớn hơn ở sơ cấp nhiều lần. Điện áp xoay chiều ra ở thứ cấp sẽ có trị số cao hơn nguồn

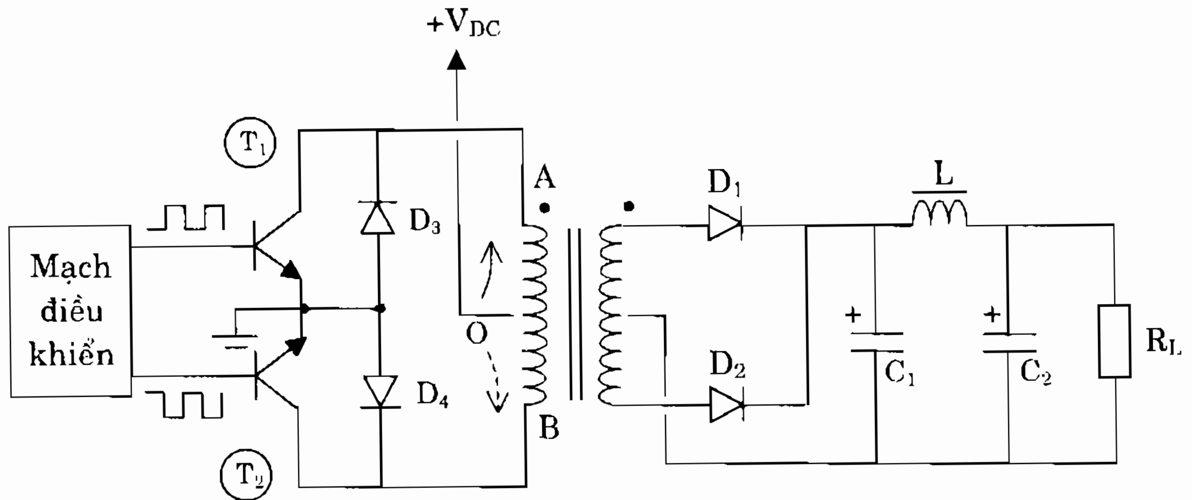
cung cấp phía sơ cấp, qua mạch nắn điện, lọc điện sẽ cho ra nguồn một chiều điện áp cao.

Nếu mạch điều khiển cho ra tín hiệu tần số cao thì điện trở R trong mạch lọc có thể thay bằng cuộn cảm L, việc lọc điện sẽ có hiệu quả cao hơn.

Do tính phản kháng của cuộn dây sơ cấp, nên tín hiệu điều khiển có dạng hình vuông thì dòng I_C qua cuộn sơ cấp sẽ có dạng hình thang.

Mạch điều khiển cũng có thể là mạch dao động hình sin, lúc đó dòng I_C qua cuộn sơ cấp cũng có dạng hình sin nhưng bị lệch pha.

2. Mạch Converter dùng hai transistor với nguồn đơn



Hình 6.4

Mạch Converter hình 6.4 còn được gọi là mạch Push-Pull Converter (mạch Converter đẩy kéo).

Hai transistor công suất T_1–T_2 được ráp đối xứng, hai cực C nối vào hai đầu ngoài của cuộn sơ cấp có điểm giữa, điểm giữa nối vào nguồn một chiều dương.

Tín hiệu điều khiển đưa vào hai cực B của hai transistor là hai tín hiệu đảo pha nhau. Khi cực B_1 nhận điện áp mức cao làm T_1 dẫn, dòng I_{C1} qua cuộn sơ cấp từ O đến A. Lúc đó, cực B_2 nhận điện áp mức thấp làm T_2 ngưng.

Khi cực B_1 nhận điện áp mức thấp thì T_1 ngưng. Lúc đó, cực B_2 nhận điện áp mức cao làm T_2 dẫn, dòng I_{C2} qua cuộn sơ cấp từ O đến B (đường rời nét).

Như vậy, hai transistor T_1 và T_2 sẽ luân phiên dẫn điện khi cực B nhận điện áp mức cao. Dòng điện I_{C1} và I_{C2} chạy ngược chiều nhau trong cuộn sơ cấp, nên khi cảm ứng sang cuộn thứ cấp sẽ cho ra hai bán kỳ ngược pha nhau.

Điện áp xoay chiều ra ở thứ cấp sẽ tùy thuộc mức điện áp một chiều ở sơ cấp và tùy thuộc tỉ lệ số vòng dây ở sơ cấp và thứ cấp. Tần số dòng điện ra chính là tần số của mạch tạo xung điều khiển.

Diod D_3 và D_4 ghép song song, ngược chiều với mối nối CE của hai transistor có tác dụng nối tắt điện áp ngược do cuộn dây cuộn sơ cấp tự cảm ứng khi bị mất điện đột ngột, để bảo vệ hai transistor tránh bị đánh thủng.

Diod D_1–D_2 là mạch nắn điện toàn kỳ để đổi điện áp xoay chiều ở thứ cấp thành nguồn một chiều cấp cho tải. Hai tụ C_1–C_2 là tụ lọc nguồn, nếu dòng điện xoay chiều ra có tần số cao thì hai tụ này có thể chọn trị số điện dung nhỏ theo công thức: (xem giáo trình Mạch tương tự)

$$C = \frac{I_2}{V_R \cdot f}$$

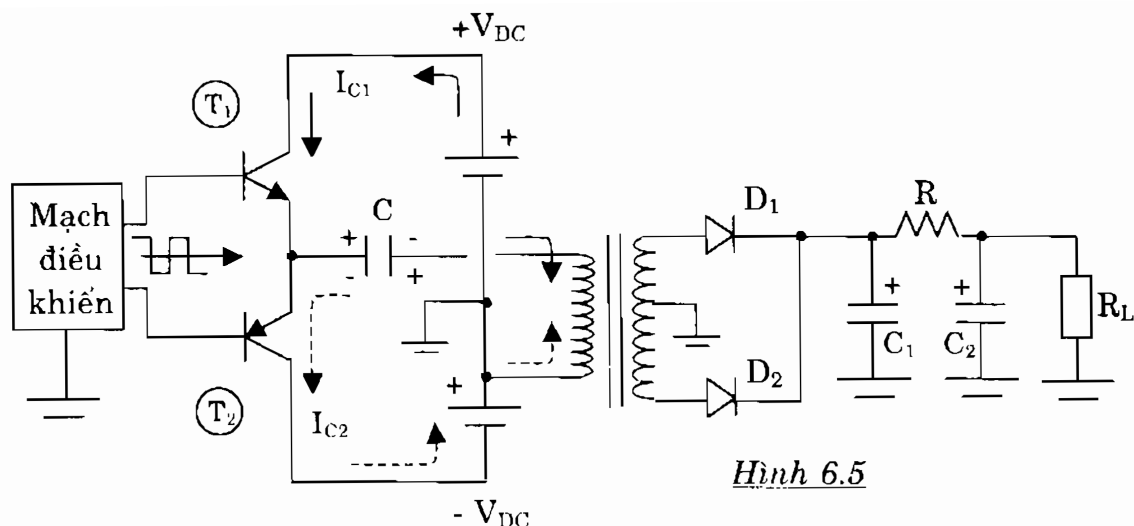
I_2 : dòng điện tải
V_R : điện áp gợn sóng
f : tần số gợn sóng

3. Mạch Converter dùng hai transistor với nguồn đối xứng

Trong sơ đồ hình 7.5 dùng nguồn đối xứng $\pm V_{DC}$ và hai transistor công suất là hai transistor khác loại, T_1 loại NPN, T_2 loại PNP. Cách ráp này gọi là mạch khuếch đại ráp kiểu bổ phụ.

Điều kiện của mạch khuếch đại bổ phụ là:

- T_1 và T_2 phải có cùng công suất cực đại P_{max}.
- T_1 và T_2 phải có cùng độ khuếch đại dòng điện β.
- T_1 và T_2 phải được chế tạo cùng chất bán dẫn silicium
- T_1 là loại NPN, T_2 là loại PNP.



Hình 6.5

Điểm giữa của hai nguồn đối xứng được nối mass nên có điện áp 0V. Cuộn sơ cấp có một đầu nối mass, đầu còn lại nối vào tụ C ở ngõ ra.

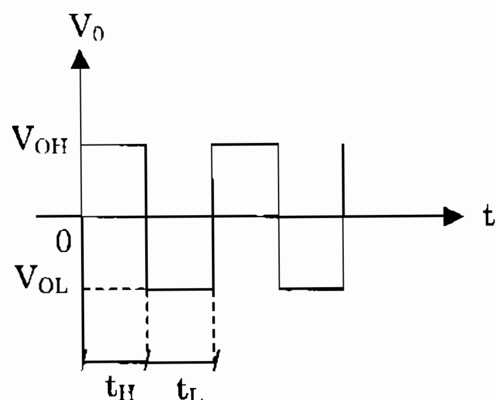
Hai transistor T_1 và T_2 được ráp kiểu C chung nên có ngõ ra là cực E. Ở trạng thái tĩnh hai cực E có điện áp 0V (nhưng không phải là mass) nên không có dòng điện qua cuộn sơ cấp. Tụ C được nối giữa ngõ ra và cuộn sơ cấp có tác dụng cách ly điện áp một chiều giữa hai cực E và cuộn sơ cấp để tránh hư cuộn sơ cấp trong trường hợp mạch bị hư, hai transistor mất đối xứng, điện áp của hai cực E khác 0V.

Mạch điều khiển là mạch tạo xung vuông đối xứng về thời gian và đối xứng về biên độ. Hình 6.6 cho thấy dạng xung vuông do mạch điều khiển tạo ra.

Ta có: $t_H = t_L$

$T = t_H + t_L$

$V_{OH} = -V_{OL}$



Hình 6.6: Xung vuông đối xứng

Khi mạch điều khiển cho ra xung vuông dương với mức điện áp V_{OH} thì T_1 loại NPN được phân cực thuận sẽ dẫn điện cho ra dòng điện I_{C1}, là dòng điện lấy từ nguồn dương $+V_{DC}$ (đường liền nét). Khi mạch điều khiển cho ra xung vuông âm với mức điện áp V_{OL} thì T_2 loại PNP sẽ dẫn điện cho ra dòng I_{C2}, là dòng điện lấy từ nguồn âm $-V_{DC}$ (đường rời nét).

Hai dòng điện I_{C1} và I_{C2} là hai dòng điện chạy luân phiên và ngược chiều nhau trong cuộn sơ cấp của biến áp. Khi cảm ứng sang cuộn thứ cấp sẽ cho ra hai bán kỳ liên tiếp đảo pha nhau.

Hai diod D_1 và D_2 là mạch nắn điện toàn kỳ để đổi ra nguồn một chiều có điện áp cao hơn nguồn $\pm V_{DC}$ ở sơ cấp.

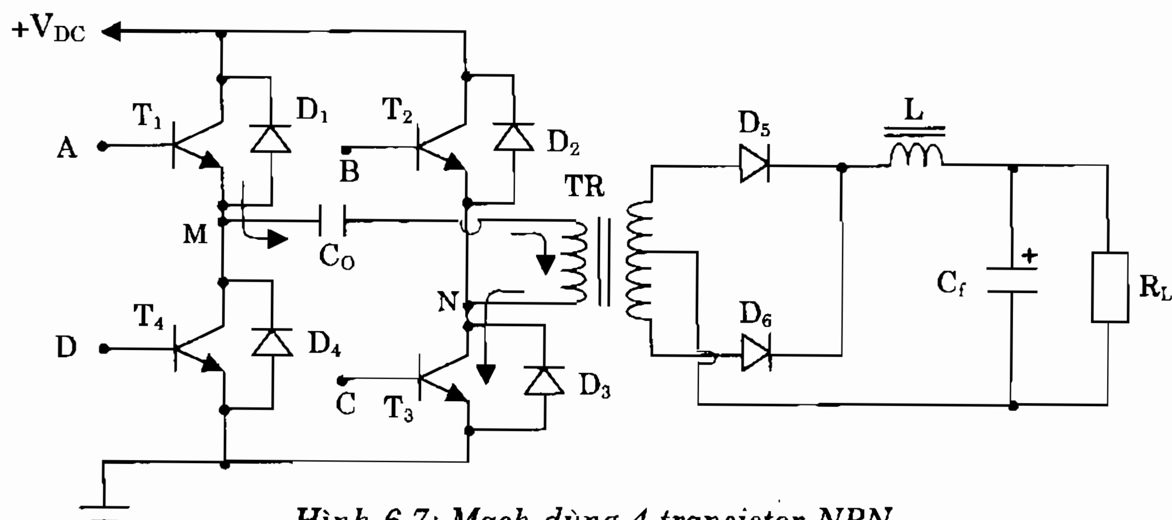
§ 6.4- MẠCH CONVERTER DÙNG CẦU TRANSISTOR

Đối với các mạch Converter công suất lớn trên 1kW, nếu chỉ dùng nguồn đơn và biến áp có cuộn sơ cấp hai chấu, người ta dùng mạch converter có 4 transistor, gọi là cầu transistor.

Mạch Converter dùng 4 transistor có thể thực hiện theo hai cách sau:

- Bốn transistor cùng là loại NPN (hình 6.7)
- Hai transistor loại NPN và hai transistor loại PNP (hình 6.8)

1. Mạch Converter dùng 4 transistor NPN



Hình 6.7: Mạch dùng 4 transistor NPN

Trong sơ đồ hình 6.7, bốn transistor được ráp theo kiểu hình cầu đối xứng cùng là loại NPN. Các điểm A-B-C-D nhận xung kích từ mạch điều khiển.

Mạch điều khiển cho ra xung kích tuần tự theo nguyên lý sau:

- Khi điểm A có điện áp mức cao ($V_A > V_M$) làm T_1 dẫn thì điểm B có điện áp mức thấp ($V_B = V_N$) làm T_2 ngưng. Đồng thời lúc đó, điểm D có điện áp mức thấp ($V_D = 0V$) làm T_4 ngưng thì điểm C có điện áp mức cao ($V_C > 0V$) làm T_3 dẫn. Dòng điện từ nguồn $+V_{DC}$ qua T_1, qua tụ C_O, cuộn sơ cấp của biến áp rồi qua T_3 xuống mass.

- Khi điểm A có điện áp mức thấp ($V_A = V_M$) làm T_A ngưng thì điểm B có điện áp mức cao ($V_B > V_N$) làm T_2 dẫn. Đồng thời lúc đó, điểm D có điện áp mức cao ($V_D > 0V$) làm T_4 dẫn thì điểm C có điện áp mức thấp ($V_C = 0V$) làm T_4 ngưng. Dòng điện từ nguồn $+V_{DC}$ qua T_2, qua cuộn sơ cấp của biến áp theo chiều ngược lại, qua tụ C_0 rồi qua T_4 xuống mass.

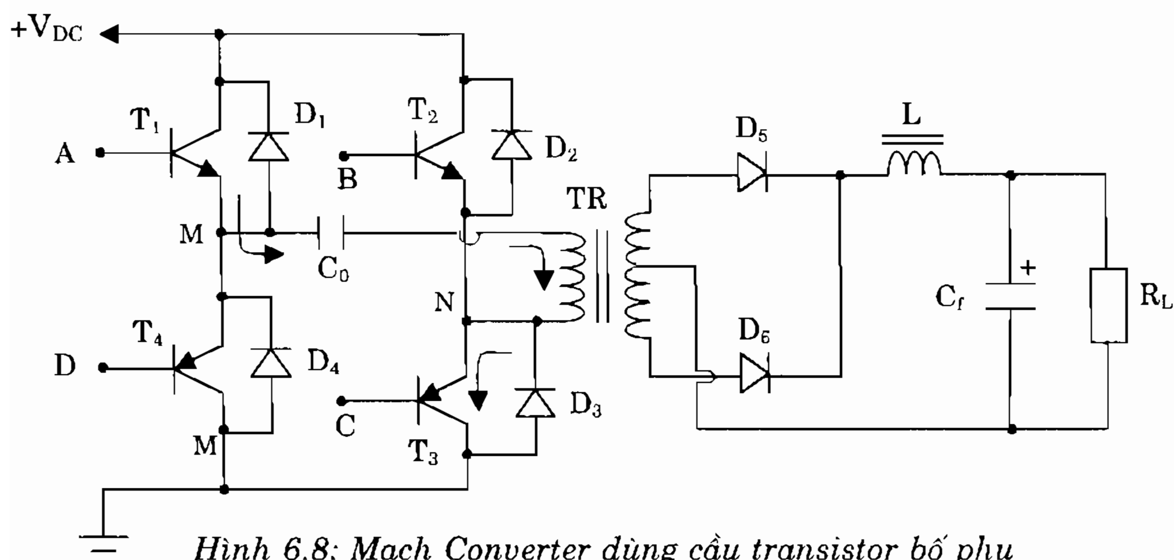
Như vậy, ở hai trạng thái trên, dòng điện qua cuộn sơ cấp có chiều ngược nhau nên khi cảm ứng sang thứ cấp sẽ cho ra hai bán kỳ ngược pha nhau. Chiều dòng điện trên sơ đồ hình 6.7 là trạng thái T_1 và T_3 dẫn điện. Tụ điện C_O là tụ điện loại không có cực tính (non-polar).

Dòng điện xoay chiều ra ở thứ cấp có tần số bằng tần số của mạch tạo xung kích.

Hai diod D_5-D_6 ở thứ cấp là mạch nắn điện toàn kỳ kết hợp mạch lọc điện LC để đổi trở lại thành nguồn một chiều cho tải.

Tụ điện C_O có tác dụng cách ly điện áp một chiều giữa hai điểm M và N để tránh trường hợp $V_M \neq V_N$ sẽ có dòng điện một chiều qua cuộn sơ cấp, có thể làm hư cuộn dây sơ cấp của biến áp.

2. Mạch Converter dùng 2 transistor NPN và 2 transistor PNP



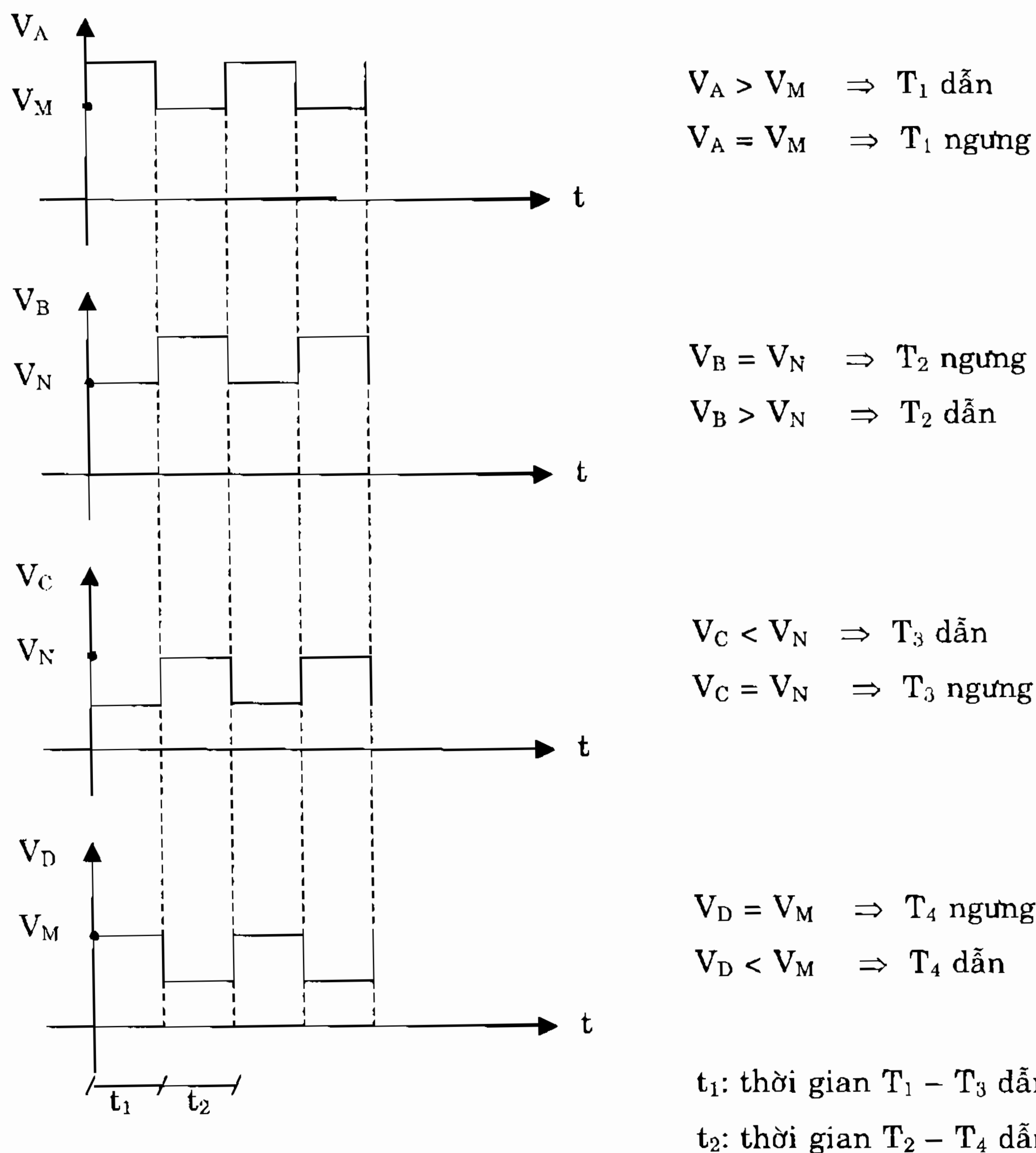
Hình 6.8: Mạch Converter dùng cầu transistor bổ phụ

Trong sơ đồ mạch Converter hình 6.8, T_1-T_4 và T_2-T_3 là hai cặp transistor ráp kiểu bổ phụ. Với cách thiết kế này, mức điện áp xung kích cho cực B của các transistor sẽ chỉ so với điện áp V_M và V_N chứ không so với mass.

Khi điểm A có $V_A > V_M$ thì điểm D có $V_D = V_M$, T_1 dẫn, T_4 ngưng. Đồng thời lúc đó, điểm B có $V_B = V_N$ thì điểm C có $V_C < V_N$, T_2 ngưng, T_3 dẫn. Dòng điện sẽ từ nguồn $+V_{DC}$ qua T_1, qua tụ C_0, qua cuộn sơ cấp và T_3 xuống mass.

Khi điểm A có $V_A = V_M$ thì điểm D có $V_D < V_M$, T_1 ngưng, T_4 dẫn. Đồng thời lúc đó, điểm B có $V_B > V_N$ thì điểm C có $V_C = V_N$, T_2 dẫn, T_3 ngưng. Dòng điện sẽ từ nguồn $+V_{DC}$ qua T_2, qua cuộn sơ cấp, qua tụ C_0 và T_4 xuống mass.

Như vậy, mạch có nguyên lý giống như sơ đồ hình 6.7 nhưng khác về cách cho điện áp xung kích vào cực B của các transistor.



Hình 6.9: Dạng xung kích vào cực B của các transistor.

Hình 6.9 là dạng xung kích đưa đến cực B của các transistor ở các thời điểm để minh họa nguyên lý của mạch.

Các diod D_1 đến D_4 ghép song song ngược chiều với các transistor để nối tắt điện áp ngược do cuộn sơ cấp biến áp tạo ra, tránh hư các transistor.

CHƯƠNG 7

MẠCH AVR TRONG NGUỒN XOAY CHIỀU MỘT PHA

§ 7.1- ĐẠI CƯƠNG

Một nguồn điện có chất lượng cao là nguồn điện có các thông số kỹ thuật ổn định và liên tục.

Các thông số kỹ thuật đặc trưng của nguồn điện xoay chiều công nghiệp là điện áp và tần số, trong đó điện áp là thông số quan trọng nhất.

Lưới điện công nghiệp do bị phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nguồn phát điện (thủy điện, nhiệt điện hay diesel ...), phụ tải thay đổi, tính chất của phụ tải, chiều dài dây dẫn ... nên thường lưới điện công nghiệp có điện áp không ổn định. Điều này ảnh hưởng đến tình trạng làm việc của thiết bị công nghiệp, tuổi thọ của thiết bị điện – điện tử và nhiều trường hợp ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm của các nhà máy, xí nghiệp công nghiệp. Để có nguồn điện công nghiệp với điện áp ổn định, người ta dùng mạch AVR làm nhiệm vụ ổn định điện áp tự động.

AVR là chữ viết tắt bởi Automatic Voltage Regulator (bộ ổn định điện áp tự động).

Người ta chia làm hai loại AVR chính là:

- AVR trong nguồn xoay chiều một pha (lấy từ lưới công nghiệp)

- AVR trong máy phát xoay chiều ba pha.

Trong các mạch AVR một pha, tùy nguyên lý có các loại AVR sau:

- mạch AVR dùng biến áp tự ngẫu điều khiển bằng động cơ

- mạch AVR kiểu ổn áp sắt từ.

§ 7.2- MẠCH AVR MỘT PHA DÙNG BIẾN ÁP TỰ NGẪU

1) Nguyên tắc – Mạch công suất

Bộ biến áp có tỉ số điện áp tỉ lệ thuận với số vòng dây quấn trên sơ cấp và thứ cấp theo công thức:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

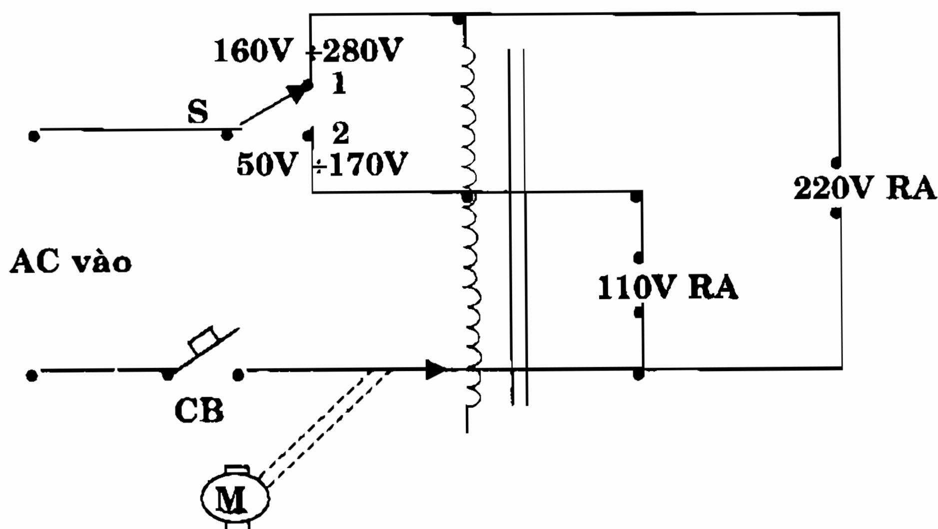
trong đó, V_1 - N_1 là điện áp và số vòng dây trên cuộn sơ cấp, V_2 - N_2 là điện áp và số vòng dây trên cuộn thứ cấp.

Suy ra : $$V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

Để điện áp ra V_2 có trị số không đổi (điện áp ổn định), thì cuộn dây thứ cấp N_2 phải có số vòng dây không thay đổi. Khi điện áp vào V_1 bị thay đổi, cuộn dây sơ cấp N_1 phải có số vòng dây thay đổi theo cùng tỉ lệ với mức thay đổi của V_1.

Thí dụ : Điện áp V_1 tăng 10% thì cuộn dây N_1 cũng phải tăng 10% số vòng dây. Như vậy, giá trị điện áp ra V_2 sẽ được ổn định.

Hiện nay, các bộ AVR một pha trong dân dụng cũng như công nghiệp thường dùng biến áp tự ngẫu có con trượt để thay đổi số vòng dây sơ cấp. Để kéo con trượt, người ta dùng một động cơ DC công suất nhỏ, được điều khiển bởi mạch điện tử kiểm tra điện áp ra ở thứ cấp.



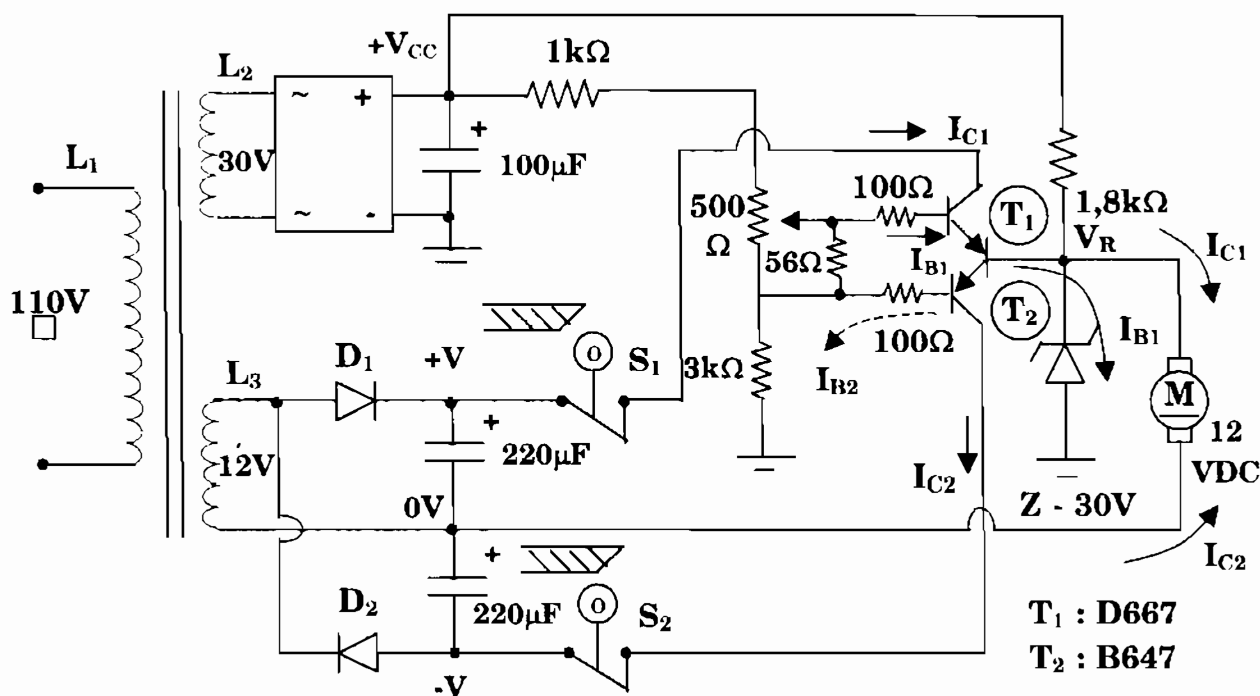
Hình 7.1: Mạch công suất trong bộ AVR một pha

Ở ngõ vào có CB bảo vệ quá tải loại một cực. Công-tắc S ở vị trí 1 nếu nguồn AC vào là 220V, ở vị trí 2 nếu nguồn AC vào là 110V. Nguồn 220V có mức điện áp dao động cho phép trong khoảng 160V ÷ 280V. Nguồn 110V có mức điện áp dao động cho phép trong khoảng 50V ÷ 170V.

Động cơ DC loại công suất nhỏ dùng để kéo con trượt bằng dây curoa hay các bánh xe truyền động. Số vòng dây con trượt có thể thay đổi ứng với mức điện thế dao động là ± 60V.

Cuộn thứ cấp 110V và 220V để cấp nguồn cho tải có số vòng dây không đổi.

2) Mạch điều khiển trong bộ AVR của Đài loan



Hình 7.2: Mạch điều khiển AVR của Đài loan

Cuộn sơ cấp L_1 của biến áp trong mạch điều khiển nhận nguồn 110V từ ngõ ra của biến áp tự ngẫu. Cuộn thứ cấp L_2 cho ra 30V qua mạch nắn điện, lọc điện cho ra nguồn một chiều không ổn áp $+V_{CC}$ khoảng 45V. Cuộn thứ cấp L_3 cho ra 12V qua mạch nắn điện tăng đôi điện áp kiểu Latour cho ra hai nguồn đối xứng ± V = ±15V.

Lưu ý: Điểm 0V của hai nguồn đối xứng là điểm giữa của hai tụ 220μF. Điểm 0V này cách ly với điểm mass của nguồn $+V_{CC} = 45V$.

Tụ lọc của nguồn $+V_{CC}$ có trị số nhỏ 100μF để điện áp trên tụ đáp ứng nhanh theo sự biến thiên điện áp của điện áp xoay chiều ở sơ cấp.

Nguồn $+V_{CC}$ qua cầu phân áp 1kΩ - 500Ω và 3kΩ để lấy điện áp mẫu V_s (sample voltage) phân cực cho cực B của hai transistor. Đồng thời, nguồn $+V_{CC}$ qua cầu phân áp 1,8kΩ và diod Zener 30V để tạo điện áp chuẩn V_R (reference voltage) cấp cho cực E của hai transistor.

Ta có : $V_R = V_Z = 30V$

nên $V_{E1} = V_{E2} = 30V$

Hai transistor T_1–T_2 là hai transistor khác loại ráp kiểu bổ phụ nên được phân cực cho cực B bằng hai mức điện áp khác nhau. Bình thường, biến trở 500Ω được chỉnh sao cho điện áp mẫu là:

$$V_{S1} = V_{B1} = 30,5V$$

$$V_{S2} = V_{B2} = 29,5V$$

Như vậy, hai transistor được phân cực với mức điện áp là:

$$V_{BE1} = +0,5V \quad \text{(loại NPN)}$$

$$V_{BE2} = -0,5V \quad \text{(loại PNP)}$$

Do hai transistor đều là loại silicium nên với mức phân cực này cả hai đều ngưng dẫn.

Cực C_1 được nối đến nguồn $+V = +15V$, cực C_2 được nối đến nguồn âm

$-V = -15V$. Bình thường hai transistor ngưng dẫn nên không có dòng I_{C1} hay I_{C2} qua động cơ DC (lúc đó con trượt đang nằm ở vị trí thích hợp với điện áp của lưới điện vào sơ cấp biến áp tự ngẫu).

Khi điện áp lưới điện tăng lên sẽ làm tăng áp mẫu V_{S1} và V_{S2}. Giả sử điện áp mẫu tăng lên $V_{S1} = 30,7V$ và $V_{S2} = 29,7V$. Lúc đó, điện áp chuẩn ở cực E vẫn là 30V nên T_1 có $V_{BE1} = 0,7V \rightarrow T_1$ dẫn điện, T_2 có $V_{BE2} = -0,3V \rightarrow T_2$ ngưng dẫn.

Dòng điện I_{C1} từ nguồn dương +V = +15V qua T_1 rồi qua động cơ theo chiều từ trên xuống, trở về điểm giữa 0V của hai nguồn đối xứng, sẽ làm động cơ quay kéo con trượt theo chiều làm tăng số vòng dây sơ cấp của biến áp tự ngẫu.

Khi cuộn sơ cấp có số vòng dây tương ứng với điện áp lưới điện thì điện áp ở hai ngõ ra trở lại giá trị danh định 110V và 220V, điện áp mẫu sẽ trở lại giá trị bình thường là V_{S1} = 30,5V và V_{S2} = 29,5V.

Tương tự và ngược lại, khi điện áp lưới điện giảm xuống sẽ là giảm điện áp mẫu V_{S1} và V_{S2}. Giả sử điện áp mẫu giảm xuống V_{S1} = 30,3V và V_{S2} = 29,3V. Lúc đó, điện áp chuẩn ở cực E vẫn là 30V nên T_1 có V_{BE1} = 0,3V → T_1 ngưng dẫn, T_2 có V_{BE2} = -0,7V → T_2 dẫn điện.

Dòng điện I_{C2} từ điểm giữa 0V của hai nguồn đối xứng qua động cơ theo chiều từ dưới lên rồi qua T_2 trở về nguồn âm -V = -15V, sẽ làm động cơ quay kéo con trượt theo chiều ngược lại làm giảm số vòng dây sơ cấp của biến áp tự ngẫu.

Trong sơ đồ hình 7.2, dòng I_{B1} và I_{C1} có đường liền nét, dòng I_{B2} và I_{C2} có đường rời nét.

Dòng I_{B1} và I_{B2} được cấp từ nguồn +V_{CC} = 45V so với điểm mass. Dòng I_{C1} và I_{C2} được cấp từ nguồn ± V = ±15V so với điểm giữa 0V của hai nguồn đối xứng. Do hai nguồn cách ly nhau nhưng dòng I_{C1}–I_{C2} bị điều khiển bởi dòng I_{B1}–I_{B2} nên động cơ DC loại 12V không bị ảnh hưởng bởi điện áp chuẩn V_R = 30V (do Zener ghim áp).

Trường hợp điện áp lưới tăng (hay giảm) quá giới hạn cho phép, thì con trượt sẽ bị động cơ kéo đè lên công tắc giới hạn S_1 (hay S_2), để cắt nguồn ±V cấp cho transistor T_1 (hay T_2), transistor ngưng dẫn, động cơ ngừng quay tránh bị quá tải do kẹt cơ.

3) Mạch điều khiển dùng transistor của AVR Việt Nam

Mạch điều khiển AVR trong sơ đồ hình 7.3 dùng tất cả 12 transistor trong đó có 8 transistor từ T_1 đến T_8 là loại transistor công suất nhỏ (mã hiệu C828) và 4 transistor từ T_9 đến T_{12} là loại transistor công suất trung bình (mã hiệu D468).

$T_1 \div T_8$ = C 828

$T_9 \div T_{12}$ = D 468

Hình 7.3 : Mạch AVR 1 pha Việt Nam

Mạch này làm việc theo nguyên lý sau:

Điện áp 110V lấy từ ngõ ra của biến áp tự ngẫu để cấp cho biến áp điều khiển. Điện áp 12V đối xứng ở thứ cấp qua mạch nắn toàn kỳ, lọc điện, cho ra điện áp một chiều $+V_1 = 17V$. Diod Zener Z tạo ra nguồn ổn áp $+V_2 = 9V$. Điện áp $+V_1$ để cấp cho các transistor công suất T_9 đến T_{12}, điện áp ổn định $+V_2$ để cấp cho các transistor khuếch đại DC từ T_1 đến T_8.

Cầu phân áp 22kΩ và biến trở 10kΩ là mạch lấy điện áp mẫu V_S để phân cực cho cực B_1. Cầu phân áp gồm hai điện trở 10kΩ để tạo điện áp chuẩn $V_R = 4,5V$ phân cực cho cực B_2. Biến trở V_R được chỉnh sao cho lưới có điện áp danh định 220V (hay 110V) thì $V_S = V_R = 4,5V$.

Hai transistor T_1 và T_2 là mạch khuếch đại vi sai để so sánh sự sai biệt giữa hai điện áp V_S và V_R. Điện áp ra của mạch khuếch đại vi sai V_{C1} dùng để điều khiển $T_5 - T_6$, V_{C2} dùng để điều khiển $T_3 - T_4$.

Các transisto T_3–T_4 và T_5–T_6 là hai cặp transistor khuếch đại trung gian ráp đối xứng nhau. Cặp transistor T_3–T_4 điều khiển transistor thúc T_7 (T_7 ráp kiểu khuếch đại đảo pha vì có $R_{C7} = R_{E7} = 1,5$ kΩ). Điện áp V_{C7} và V_{E7} sẽ điều khiển hai transistor công suất T_9–T_{10} chạy ngược trạng thái nhau, khi T_9 dẫn thì T_{10} ngưng và ngược lại.

Tương tự, cặp transistor T_5–T_6 điều khiển transistor thúc T_8 (T_8 cũng là transistor khuếch đại đảo pha). Điện áp V_{C8} và V_{E8} sẽ điều khiển hai transistor công suất T_{11}–T_{12} chạy ngược trạng thái nhau, khi T_{11} dẫn thì T_{12} ngưng và ngược lại.

Điểm giữa A của T_9–T_{10} và điểm giữa B của T_{11}–T_{12} nối vào hai đầu của một động cơ DC công suất nhỏ. Động cơ DC này sẽ kéo con trượt để làm thay đổi số vòng dây sơ cấp của biến áp tự ngẫu.

Mạch điều khiển hình 7.3 sẽ làm việc theo nguyên lý sau:

+ Khi điện áp lưới vào biến áp tự ngẫu tăng sẽ làm điện áp ra tải tăng. Lúc đó, điện áp cấp cho mạch điều khiển cũng tăng nên V_S tăng. Điều này làm T_1 dẫn mạnh và T_2 dẫn yếu (theo nguyên lý khuếch đại vi sai) ⇒ V_{C1} giảm và V_{C2} tăng.

Khi V_{C1} giảm làm T_5 dẫn yếu hơn, T_6 dẫn mạnh hơn sẽ điều khiển T_8 ngưng dẫn. Do T_8 là transistor đảo pha nên khi T_8 ngưng sẽ tăng phân cực T_{11} làm T_{11} dẫn bão hòa và T_{12} mất phân cực nên T_{12} ngưng dẫn.

Đồng thời, khi V_{C2} tăng làm T_3 dẫn mạnh hơn, T_4 dẫn yếu hơn sẽ điều khiển T_7 dẫn bão hòa. Do T_7 là transistor đảo pha nên khi T_7 dẫn bão hòa sẽ giảm phân cực T_9 làm T_9 ngưng dẫn và T_{10} được tăng phân cực nên T_{10} dẫn bão hòa.

Như vậy, cặp transistor công suất trên chỉ có T_{10} dẫn, cặp transistor công suất dưới chỉ có T_{11} dẫn. Dòng điện sẽ đi từ nguồn $+V_1$ qua T_{11}, qua động cơ theo chiều từ dưới lên rồi qua T_{10} xuống mass. Động cơ DC sẽ quay kéo con trượt theo chiều làm tăng số vòng dây sơ cấp của biến áp tự ngẫu, thích hợp với mức điện áp lưới đang tăng. Lúc đó, điểm B có điện áp cao, led 2 sáng.

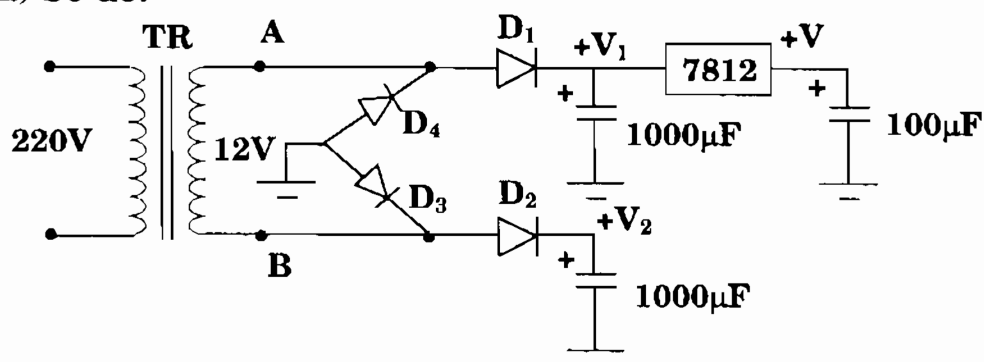
+ Khi điện áp lưới giảm, với suy luận ngược lại, ta sẽ thấy transistor T_{12} dẫn bão hòa, T_{11} ngưng. Đồng thời, transistor T_9 dẫn bão hòa, T_{10} ngưng.

Bây giờ dòng điện sẽ đi từ nguồn $+V_1$ qua T_9, qua động cơ theo chiều từ trên xuống rồi qua T_{12} xuống mass. Động cơ DC sẽ kéo con trượt làm giảm số vòng dây sơ cấp, thích hợp với mức điện áp lưới đang giảm. Lúc đó, điểm A có điện áp cao, led 1 sáng.

+ Khi con trượt đã được kéo đến vị từ tương ứng với điện áp lưới thì các transistor công suất dẫn điện rất yếu. Điểm A và điểm B sẽ có điện áp bằng nhau nên không có dòng điện qua động cơ, lúc đó hai led sẽ sáng mờ.

4) Mạch điều khiển dùng IC của AVR Việt Nam

a) Sơ đồ:



Hình 7.4a: Khối nguồn

Hình 7.4b: Mạch điều khiển động cơ kéo con trượt

b) Nguyên lý

Sơ đồ hình 7.4a là khối nguồn dùng biến áp T_R để đổi từ điện áp ra 220V của biến áp công suất xuống 12V trước khi nắn điện. Diod D_1–D_3 là mạch nắn bán kỳ dương ở điểm A cho ra nguồn $+V_1$. Diod D_2–D_4 là mạch nắn bán kỳ dương ở điểm B cho ra nguồn $+V_2$. Mạch ổn áp dùng IC 7812 để cho ra nguồn 12V ổn định cấp cho IC khuếch đại công suất BA 6208.

Nguồn không ổn áp $+V_2$ qua cầu phân áp 560Ω-Zener Z_1 và Z_2 để tạo nguồn 12V ổn định cấp cho IC LM 324, đồng thời tạo áp chuẩn V_R = 6V (trên Z_2) để đưa vào hai ngõ đảo (I_n^-) của OP-AMP (1) và OP-AMP (2).

Cũng từ nguồn không ổn áp $+V_2$, qua cầu phân áp 18kΩ, biến trở 10kΩ, 330kΩ và 8,2kΩ để lấy điện áp mẫu V_S đưa vào hai ngõ không đảo (I_n^+) của OP-AMP (1) và OP-AMP (2). Biến trở 10kΩ được chỉnh sao cho khi lưới có điện áp danh định thì $V_S = V_R$ = 6V. Lúc đó, OP-AMP (1) và OP-AMP (2) là hai mạch so sánh sẽ có trạng thái cân bằng.

Trong thực tế, rất khó có trạng thái cân bằng mà điện áp mẫu V_S sẽ dao động chung quanh mức điện áp chuẩn 6V. Hai điện trở 1MΩ là điện trở hồi tiếp dương để tạo trạng thái dứt khoát cho mạch khuếch đại so sánh.

Điện áp ra của OP-AMP (1) và (2) lại được đưa vào OP-AMP (3) và (4) để cùng so sánh với mức điện áp chuẩn V_R = 6V. Bây giờ, OP-AMP (3) là mạch khuếch đại không đảo (điện áp vào ngõ I_n^+), OP-AMP (4) là mạch khuếch đại đảo (điện áp vào ngõ I_n^-).

Các OP-AMP chung trong IC LM 324 sẽ làm việc theo các trạng thái sau:

- Nếu điện áp lưới tăng ⇒ $V_S > V_R$ ⇒ OP-AMP (1) và (2) bão hòa âm (vì $V_{in}^- > V_{in}^+$) ⇒ điện áp ra V_{01} = 0V, V_{02} = 0V. Lúc đó, OP-AMP (3) khuếch đại không đảo nên V_{03} = 0V, OP-AMP (4) khuếch đại đảo nên V_{04} = 12V. Hai điện áp V_{03} và V_{04} điều khiển IC công suất BA 6208 cho ra điện áp chân 7 = 0V, chân 8 = 12V ⇒ động cơ M quay kéo con trượt làm tăng số vòng dây sơ cấp biến áp tự ngẫu.

- Nếu điện áp lưới giảm ⇒ $V_S < V_R$ ⇒ OP-AMP (1) và (2) bão hòa dương (vì $V_{in}^+ > V_{in}^-$) ⇒ V_{01} = +12V, V_{02} = +12V. Lúc đó, OP-AMP (3) và

(4) đổi trạng thái ⇒ V_{03} = +12V, V_{04} = 0V. IC công suất BA 6208 được điều khiển ngược lại và cho ra điện áp chân 7 = 12V, chân 8 = 0V ⇒ động cơ M quay ngược lại kéo con trượt làm giảm số vòng dây sơ cấp của biến áp tự ngẫu.

S_1 và S_2 là hai công tắc giới hạn đầu cuối của con trượt.

§7.3- MẠCH AVR KIỂU ỔN ÁP SẮT TỪ

1) Mạch công suất

Mạch công suất gồm hai biến áp TR_1 và TR_2. Biến áp TR_1 có cuộn dây L_1, tác dụng như một cuộn chặn có cảm kháng X_L được thay đổi theo dòng phân cực một chiều của lõi sắt từ đi vào cuộn dây L_5.

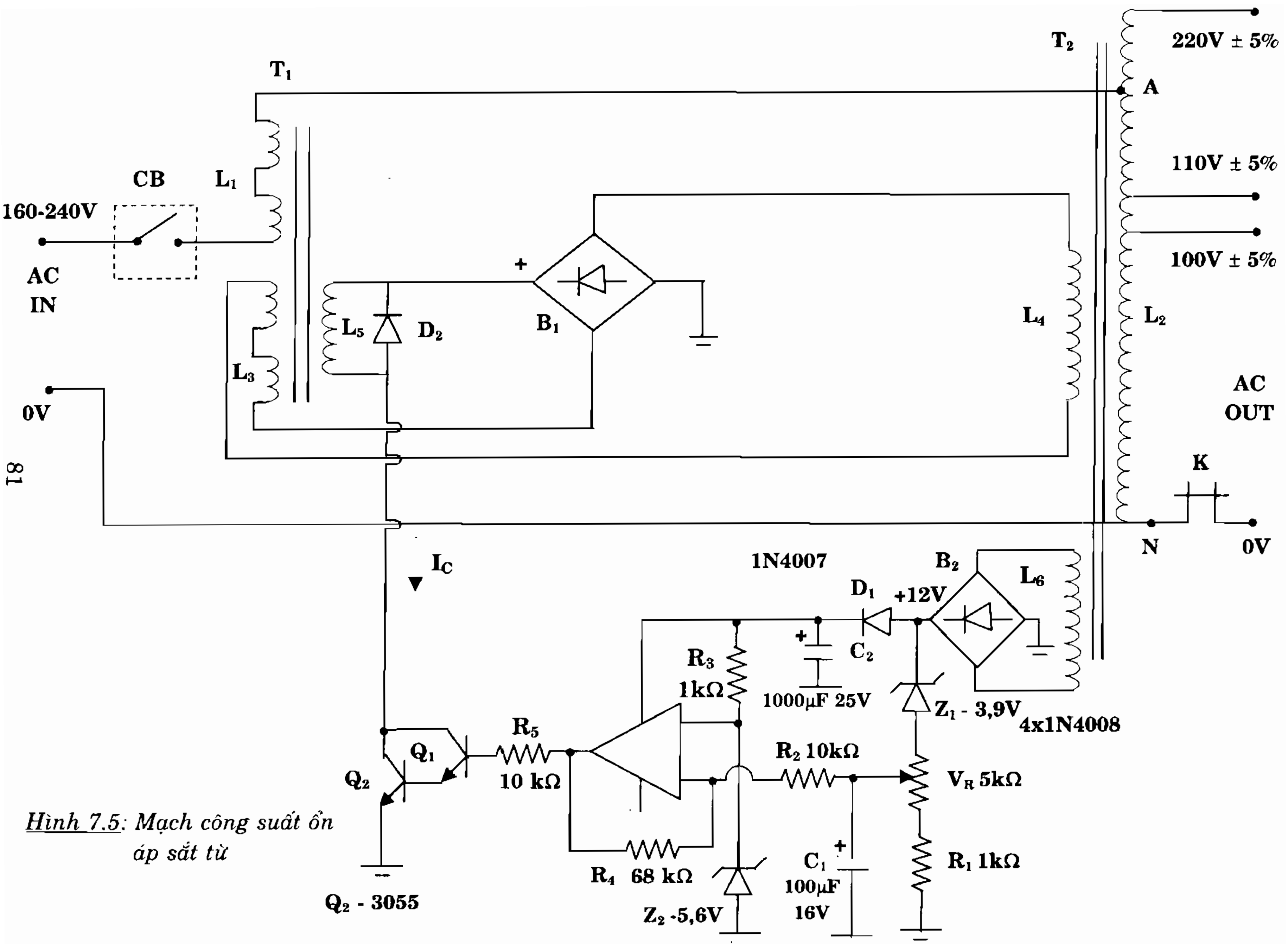
Cuộn dây L_1 được chia thành hai cuộn đối xứng quấn trên hai trục ngoài của lõi sắt từ. Cuộn dây L_5 được quấn trên trục giữa của lõi sắt từ. Hai nửa cuộn L_1 được quấn theo chiều sao cho từ trường do nó tạo ra ngược chiều nhau trên trụ giữa của lõi sắt. Như vậy, điện áp cảm ứng trên cuộn L_5 là 0V.

Cuộn dây L_1 nối tiếp với cuộn sơ cấp của biến áp tự ngẫu TR_2. Số vòng dây từ A đến N tương ứng với điện áp 150V. Các đầu dây 100V-110V và 220V dùng để cấp cho các phụ tải có các điện áp khác nhau.

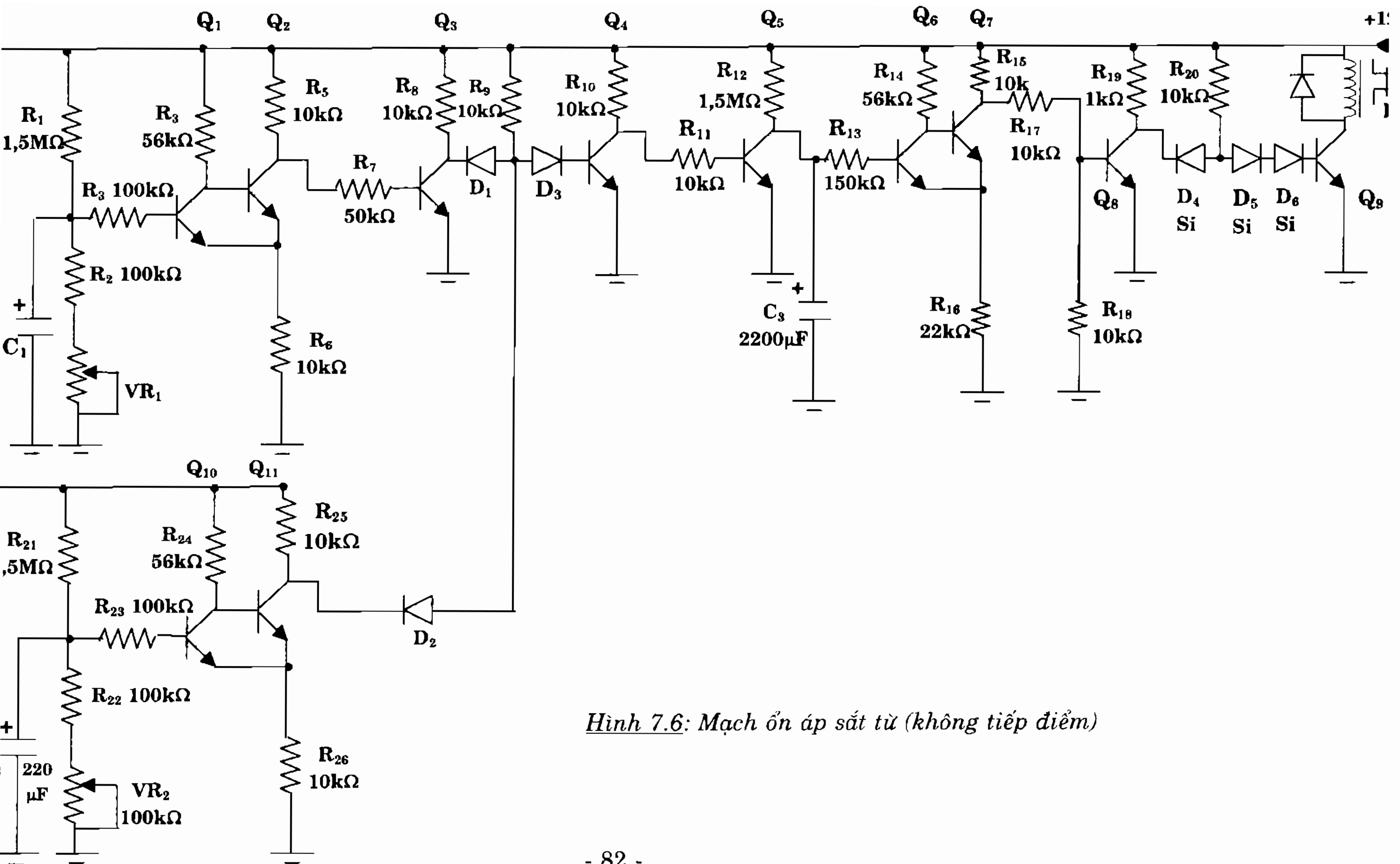
Biến áp TR_2 còn có cuộn thứ cấp L_6 để lấy điện áp mẫu đưa vào mạch điều khiển điện tử. Cuộn thứ cấp L_4 lấy điện áp cảm ứng đưa về nối tiếp với cuộn L_3, để tạo điện áp AC cấp cho cầu điốt nắn điện B_1, tạo dòng điện một chiều phân cực cho lõi sắt từ của biến áp TR_1. Dòng điện một chiều phân cực này sẽ qua cuộn L_5 và được điều khiển bởi hai transistor T_1–T_2 ráp Darlington.

2) Mạch điều khiển – Nguyên lý

Mạch điều khiển bắt đầu từ cuộn thứ cấp L_6, lấy điện áp cảm ứng của TR để tạo nguồn một chiều 12V, sau mạch nắn điện bằng cầu diod B_2. Điện áp +12V qua cầu phân áp Z_1-P-R_1 để lấy điện áp mẫu V_S đưa vào ngõ I_n^- của OP-AMP, đồng thời qua diod D_1 để cách ly, lọc điện vào tạo điện áp chuẩn V_R và đưa vào ngõ I_n^+ nhờ cầu phân áp có Zener Z_2-5,6V. Ngõ ra của OP-AMP điều khiển phân cực cho T_1- T_2 ráp kiểu Darlington.



Hình 7.5: Mạch công suất ổn áp sắt từ



Hình 7.6: Mạch ổn áp sắt từ (không tiếp điểm)

Nguyên lý mạch tự động ổn áp như sau:

Biến trở P được chỉnh sao cho $V_S < V_R$ để ngõ ra của OP-AMP có điện áp dương 1,4V, đủ để phân cực cho T_1 và T_2 dẫn tạo dòng điện một chiều I_C qua cuộn L_5, làm nhiệm vụ phân cực cho lõi sắt từ của TR_1 sao cho cuộn dây L_1 giảm điện áp khoảng 60V ÷ 70V. Lúc đó, nếu điện áp lưới là 220V thì qua cuộn L_1 sẽ giảm 70V, còn lại trên cuộn AN khoảng 150V.

Khi điện áp lưới tăng, điện áp ra tăng, làm điện áp trên cuộn L_6 tăng. Lúc đó, điện áp mẫu V_S tăng nên OP-AMP có mức chênh lệch ngõ vào nhỏ sẽ làm điện áp ra phân cực cho T_1- T_2 giảm. Dòng điện I_C qua L_5 giảm, giá trị điện cảm L_1 tăng và điện áp giảm trên L_1 tăng lên. Nhờ đó, điện áp đặt vào cuộn sơ cấp TR_2 giảm xuống mức danh định là 150V.

Tương tự, ta có thể suy luận ngược lại khi điện áp lưới giảm.

3) Mạch bảo vệ quá áp và thấp áp

Mạch bảo vệ quá áp và thấp áp dùng chung nguồn 12V lấy sau cầu điốt nắn điện B_2 trong mạch điều khiển.

Các transistor T_1–T_2 là mạch Schmitt Trigger kết hợp mạch khuếch đại đảo T_3 làm nhiệm vụ phát hiện quá áp. Hai transistor T_{10}-T_{11} là mạch Schmitt Trigger làm nhiệm vụ phát hiện thấp áp.

Khi lưới có mức điện áp danh định, biến trở V_{R1} được chỉnh sao cho T_1 ngưng dẫn ⇒ T_2 bão hòa ⇒ T_3 ngưng dẫn nên V_{C1} ở mức cao, biến trở V_{R2} được chỉnh sao cho T_{10} bão hòa ⇒ T_{11} ngưng dẫn nên V_{C11} cũng ở mức cao. Lúc đó, D_1 và D_2 ngưng dẫn làm điểm M có điện áp mức cao để phân cực cho D_3 và T_4 dẫn bão hòa ⇒ V_{C4} có mức thấp (≈ 0,2V). Như vậy, diod D_1–D_2 có chức năng của cổng AND, điốt D_3 và T_4 là cổng NOT kết hợp làm chức năng của cổng NAND.

Khi T_4 bão hòa ⇒ T_5 ngưng dẫn ⇒ T_6 bão hòa, T_7 ngưng dẫn (T_6–T_7 là mạch Schmitt Trigger) ⇒ T_8 bão hoà. Khi T_8 bão hòa ⇒ V_{C8} = 0,2 V nên D_4 dẫn làm điện áp điểm O ở mức thấp (V_0 = 0,9V) nên D_5–D_7 và T_9 ngưng dẫn, rơ-le RY không có điện và tiếp điểm K vẫn đóng. Tiếp điểm K là tiếp điểm nối từ điểm N của cuộn thứ cấp biến áp TR_2 ra tải (trong mạch công suất hình 7.4).

Khi có hiện tượng quá áp, các transistor T_1–T_2–T_3 đổi trạng thái ⇒ T_1 bão hòa, T_2 ngưng, T_3 bão hòa,V_{C3} có mức thấp ⇒ D_1 dẫn làm điểm M có điện áp mức thấp. Lúc đó, T_4 ngưng ⇒ T_5 dẫn. Do có tụ C_3 = 2200μF nạp làm điện áp V_{C5} tăng chậm và sau thời gian trễ do tụ nạp thì T_6–T_7–T_8 đổi trạng thái ⇒ T_9 bão hòa, rơ-le có điện làm hở tiếp điểm K để ngắt nguồn cấp cho tải.

Khi có hiện tượng thấp áp, các transistor T_{10}–T_{11} đổi trạng thái ⇒ T_{10} ngưng dẫn, T_{11} bão hòa, V_{C11} có mức thấp ⇒ D_2 dẫn làm điểm M có điện áp mức thấp. Các transistor T_4 đến T_9 sẽ đổi trạng thái giống như trường hợp trên, rơ-le có điện làm hở tiếp điểm K để ngắt nguồn cấp cho tải.

Khi điện áp vào và ra của ổn áp trở lại bình thường thì mạch ngắt ngưng hoạt động, tiếp điểm K sẽ đóng lại và điện áp ra lại được cung cấp bình thường mà không cần tác động bên ngoài của người sử dụng.

Tụ 2200μF có tác dụng như một mạch trễ, để mạch không tác động khi có sự biến đổi điện áp dạng xung (xảy ra trong thời gian rất ngắn).

Mạch bảo vệ quá áp-thấp áp hình 7.6 có thể thay thế bằng OP-AMP để có sơ đồ đơn giản hơn. Sơ đồ này sẽ được giới thiệu trong các chương sau.

CHƯƠNG 8

MẠCH AVR TRONG MÁY PHÁT XOAY CHIỀU BA PHA

§ 8.1- ĐẠI CƯƠNG

Máy phát điện xoay chiều có sức điện động ra được tính theo công thức:

+ Sức điện động trên một đoạn dây:

$e_d = B_m. l . v . \sin\omega t$

+ Sức điện động trên một vòng dây:

$e_v = 2. B_m. l. v. \sin\omega t$

+ Sức điện động trên phần ứng có N vòng dây:

$e = 2. B_m. l. v. N. \sin\omega t \Rightarrow e = E_m. \sin\omega t$

với $E_m = 2B_m. l. v. N$

trong đó:

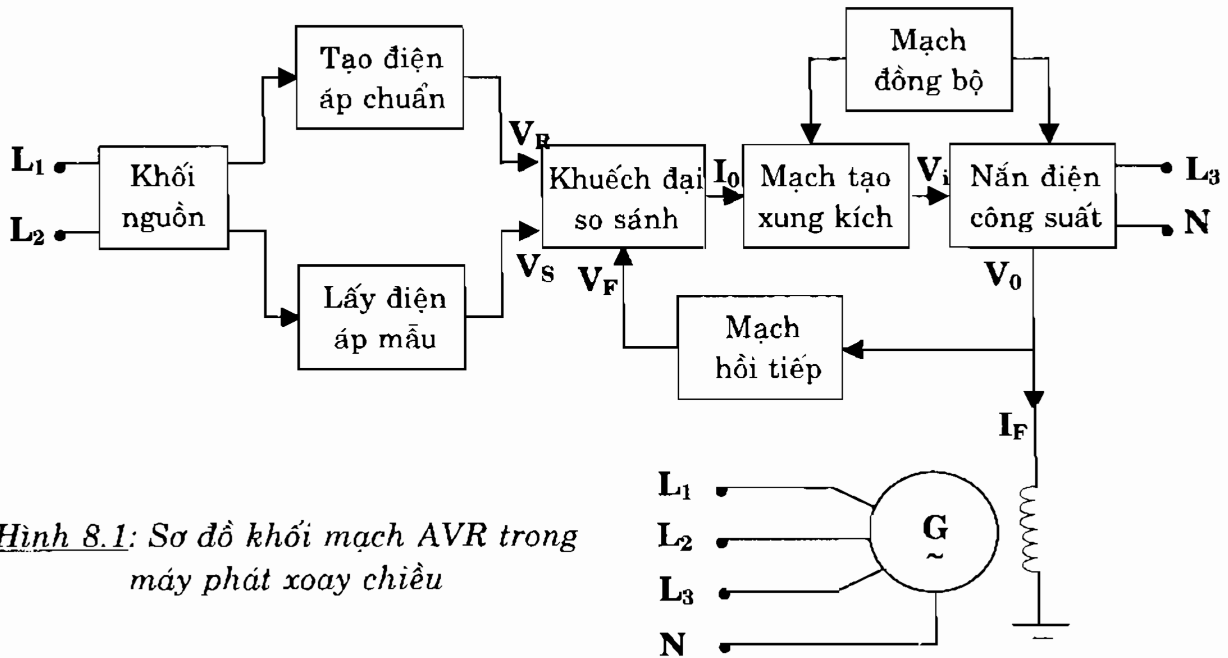
- B_m : cường độ từ trường cực đại của phần cảm
- l : chiều dài lõi thép phần ứng
- v : tốc độ quay
- N : số vòng dây quấn trên phần ứng

Do l, v, N đều là hằng số nên để thay đổi được sức điện động E người ta thay đổi cường độ từ trường cực đại B_m bằng cách thay đổi dòng điện kích từ cấp cho phần cảm.

Nguyên lý này được áp dụng để thực hiện việc tự động ổn định điện áp trong các máy phát điện xoay chiều.

§ 8.2- SƠ ĐỒ KHỐI MẠCH AVR

Nguyên lý hoạt động của mạch AVR theo sơ đồ khối hình 8.1 như sau:



Hình 8.1: Sơ đồ khối mạch AVR trong máy phát xoay chiều

Điện áp ra của máy phát pha L_1 - L_2 được đưa vào khối nguồn (qua mạch giảm áp, nắn điện, lọc điện) để tạo nguồn một chiều, làm nguồn nuôi cho các linh kiện điện tử. Một phần điện áp này được lấy làm điện áp mẫu V_S (sample) để thể hiện mức biến thiên điện áp của lưới. Đồng thời, nguồn một chiều qua mạch ổn áp để tạo điện áp chuẩn V_R (reference) làm cơ sở cho việc so sánh mức điện áp của lưới với mức điện áp danh định. Bình thường chỉnh cho $V_S = V_R$.

Mạch khuếch đại so sánh chính là mạch khuếch đại vi sai, để khuếch đại sự sai biệt điện áp giữa V_S và V_R , điều khiển dòng điện ra I_0 của mạch so sánh. Mạch khuếch đại so sánh làm việc theo nguyên lý sau:

- Nếu $V_S = V_R$ thì dòng điện I_0 có trị số không đổi theo thiết kế.

- Nếu $V_S > V_R$ (do điện áp lưới tăng) thì dòng điện I_0 sẽ giảm trị số $\Rightarrow$ xung kích trễ để giảm dòng kích từ $I_F \Rightarrow B_m$ giảm.

- Nếu $V_S < V_R$ (do điện áp lưới giảm) thì dòng điện I_0 sẽ tăng trị số $\Rightarrow$ xung kích sớm để tăng dòng kích từ $I_F \Rightarrow B_m$ tăng.

Dòng điện ra I_0 của mạch khuếch đại so sánh dùng để điều khiển mạch tạo xung kích. Mạch tạo xung kích là mạch dao động tích thoát, nạp ổn dòng, có đồng bộ (xem giáo trình "Kỹ thuật xung"). Xung kích V_i do mạch tạo ra là xung nhọn để kích điều khiển các SCR trong mạch nắn điện công suất. Thời điểm xung kích sẽ tùy thuộc trị số dòng I_0 của mạch so sánh, nếu dòng I_0 giảm sẽ cho ra xung kích trễ hơn, nếu dòng I_0 tăng sẽ cho ra xung kích sớm hơn.

Mạch đồng bộ điều khiển đồng thời hai khối nắn điện công suất và mạch tạo xung kích sao cho mỗi bán kỳ của lưới điện đều có xung kích đầu tiên trong bán kỳ đó sẽ là xung kích SCR.

Mạch nắn điện công suất là mạch đổi từ nguồn một pha L_3/N thành dòng điện một chiều cấp cho cuộn kích từ. Dòng điện một chiều này có thể thay đổi được (để thay đổi cường độ từ trường cực đại B_m) qua cầu diod có hai SCR để có thể thay đổi dòng điện kích từ bằng cách thay đổi thời điểm tạo xung kích cho các SCR.

Mạch hồi tiếp lấy một phần điện áp ra V_0 trên cuộn kích từ, tạo thành điện áp hồi tiếp V_F đưa về điều chỉnh lại độ khuếch của mạch khuếch đại so sánh theo nguyên lý hồi tiếp âm như sau:

+ Nếu sức điện động của máy phát tăng ⇒ điện áp mẫu V_S tăng ⇒ dòng I_0 giảm ⇒ mạch tạo xung kích trễ ⇒ giảm dòng kích từ vì V_0 giảm. Khi V_0 giảm, mạch hồi tiếp sẽ cho ra V_F tăng đưa về mạch khuếch đại so sánh để chống lại sự giảm dòng I_0.

+ Nếu sức điện động của máy phát giảm ⇒ điện áp mẫu V_S giảm ⇒ dòng I_0 tăng ⇒ mạch tạo xung kích sớm ⇒ tăng dòng kích từ vì V_0 tăng. Khi V_0 tăng, mạch hồi tiếp sẽ cho ra V_F giảm đưa về mạch khuếch đại so sánh để chống lại sự tăng dòng I_0.

Mạch hồi tiếp có tác dụng tránh hiện tượng điện áp ra bị dao động chung quanh điện áp danh định, khi có tác động điều chỉnh bởi mạch AVR.

§ 8.3- SƠ ĐỒ CHI TIẾT

Dựa vào sơ đồ khối hình 8.1 và sơ đồ chi tiết hình 8.2 ta có thể xác định linh kiện chính của các khối như sau:

- Khối nguồn gồm biến áp TR, diod D_1 - D_2.

- Mạch lấy áp mẫu V_S là cầu phân áp có biến trở V_{R1} = 5kΩ.

- Mạch tạo áp chuẩn V_R là cầu phân áp có diod Zener Z_1.

- Mạch khuếch đại so sánh gồm hai transistor T_1-T_2.

- Mạch tạo xung kích nạp ổn dòng gồm T_3-T_4.

- Mạch đồng bộ gồm diod D_5-D_6 và Zener Z_2.

- Mạch nắn điện công suất là cầu diod D_9-D_{10}-SCR_1-SCR_2.

- Mạch hồi tiếp lấy điện áp biến thiên trên cuộn kích từ đưa về phân cực cho cực B của T_1.

1) Khối nguồn - Tạo áp chuẩn - Lấy áp mẫu

Điện áp dây giữa pha 1 và pha 2 qua biến áp TR_1 giảm xuống 24V đối xứng ở thứ cấp. Diod D_1-D_2 nắn toàn kỳ rồi lọc điện nhờ tụ C_1 và C_5.

Tụ C_1 có cầu phân áp R_3-Z_1 để tạo điện áp chuẩn V_R = 12V để phân cực cho cực B_1.

Tụ C_5 có cầu phân áp R_{11}-R_{13}-V_{R1} để chỉnh mức điện áp mẫu V_S đưa vào phân cực cho cực B_2.

Điện áp mẫu V_S sẽ thay đổi theo điện áp ra của máy phát, trong khi điện áp chuẩn V_R là hằng số nhờ đặc tính của diod Zener.

2) Mạch khuếch đại so sánh

Đây là transistor ráp kiểu khuếch đại vi sai, mạch làm việc theo nguyên lý sau:

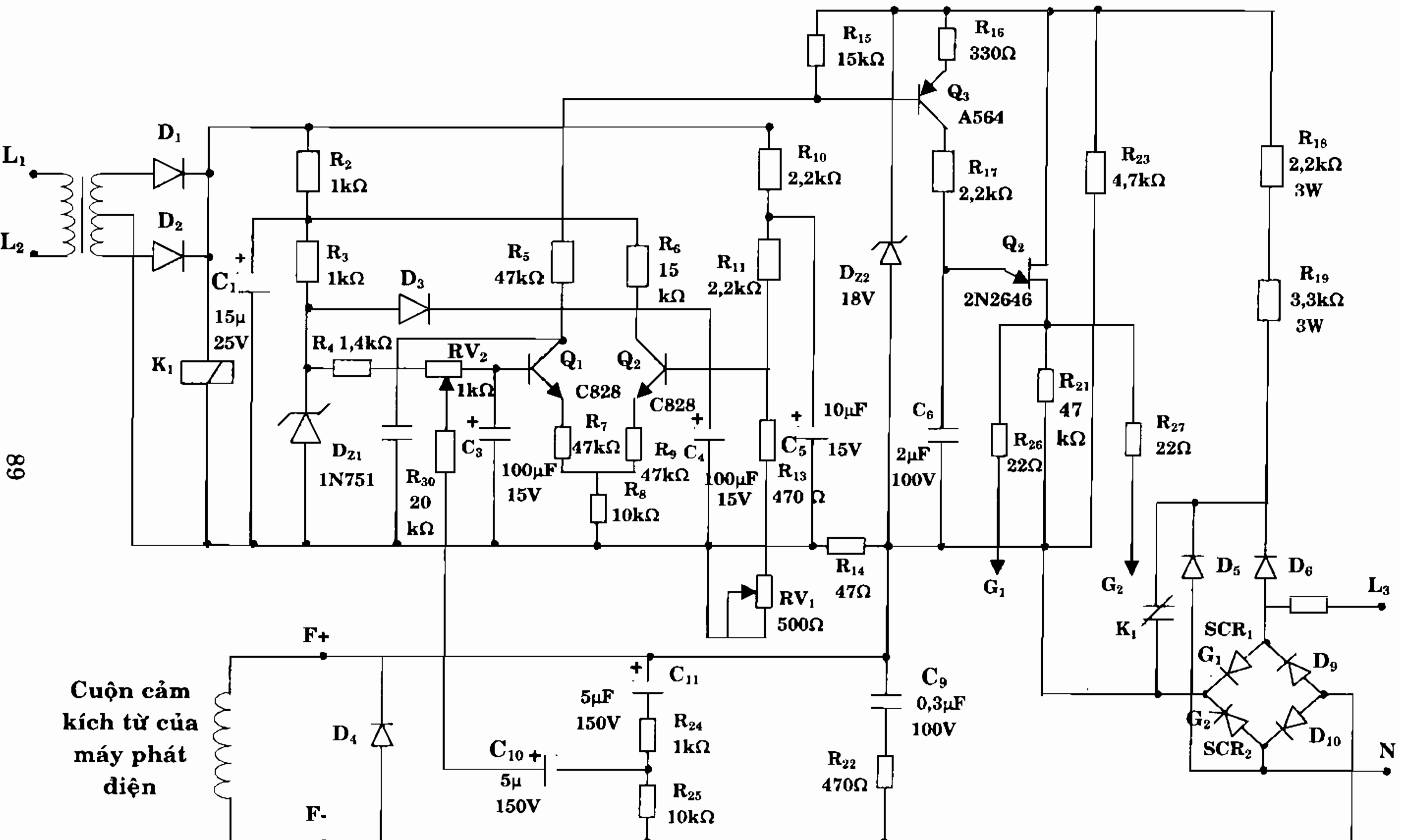
- Bình thường, biến trở V_{R1} được chỉnh sao cho $V_S = V_R$ nên hai transistor có $V_{B1} = V_{B2}$ và hai transistor T_1- T_2 chạy như nhau.

- Khi điện áp của máy phát tăng, điện áp mẫu V_S tăng làm T_2 chạy mạnh hơn, ngược lại T_1 chạy yếu hơn bình thường. Dòng điện I_{C1} chính là dòng điện ra I_0 của mạch so sánh, dòng điện này lại chính là dòng điện I_{B3} (vì $I_{C1} = I_{B3}$), nên khi T_1 chạy yếu sẽ điều khiển T_3 trong mạch tạo xung chạy yếu theo.

- Khi điện áp của máy phát giảm, điện áp mẫu V_S giảm nên V_{B2} giảm làm T_2 chạy yếu hơn, ngược lại T_1 chạy mạnh hơn bình thường. Dòng điện I_{C1} tăng sẽ điều khiển T_3 trong mạch tạo xung chạy mạnh theo.

3) Mạch tạo xung kích

Hai transistor T_3 và T_4 là mạch dao động tích thoát có tụ C_6 được nạp ổn dòng qua T_3.



Hình 8.2 : Mạch AVR máy phát 3 pha

Transistor T_3 loại PNP được điều khiển chạy mạnh hay yếu tùy theo dòng điện ra của T_1 trong mạch khuếch đại so sánh. Khi T_1 chạy mạnh ⇒ T_3 chạy mạnh sẽ cho dòng điện lớn nạp vào tụ C. Ngược lại, khi T_1 chạy yếu ⇒ T_3 chạy yếu sẽ cho dòng điện nhỏ nạp vào tụ C.

Điện áp nạp được trên tụ C tính theo công thức:

$$V_{nạp} = \frac{I_{nạp}}{C} \cdot t$$

Điện áp này cấp cho cực phát E của T_4 (là UJT), nên khi tụ nạp đến điện áp đỉnh V_P thì T_4 sẽ cho ra xung kích do có hiện tượng tái hợp trong UJT (phần lý thuyết này cần xem lại trong giáo trình "Linh kiện điều khiển - Điện một chiều công nghiệp" và giáo trình "Kỹ thuật xung").

Như vậy, ta có thể tính ngược lại thời gian để tụ C nạp và cho ra xung kích là:

$$t = t_{nạp} = \frac{V_P}{I_{nạp}} \cdot C$$

Do tụ C và điện áp V_P có trị số không đổi nên thời gian nạp sẽ chỉ lệ thuộc vào $I_{nạp}$ ⇒ $t_{nạp}$ tỉ lệ nghịch với $I_{nạp}$.

Dòng điện nạp lớn thì $t_{nạp}$ ngắn sẽ cho ra xung kích sớm, dòng điện nạp nhỏ thì $t_{nạp}$ dài sẽ cho ra xung kích trễ.

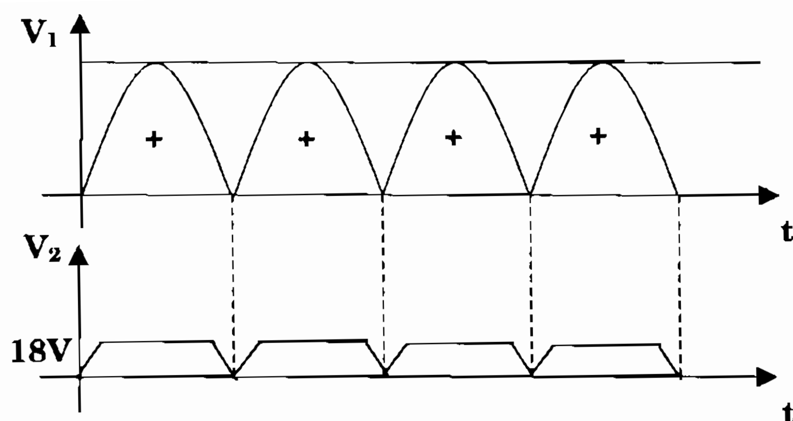
Xung kích là xung nhọn ra ở cực B_1 của UJT (T_4) được đưa đến kích cho hai cực G của SCR_1 và SCR_2.

4) Mạch đồng bộ (xem giáo trình "Kỹ thuật xung")

Nguồn xoay chiều giữa pha L_3 và dây trung hòa N qua cầu diod D_5-D_6-D_9-D_{10} đổi thành nguồn một chiều không lọc. Hai điện trở R_{18}-R_{19} kết hợp diod Zener Z_2 (18V) làm mạch giảm áp và cắt ngọn, giới hạn điện áp một chiều cấp cho T_3 và T_4 ở mức tối đa là 18V.

Điện áp một chiều cắt ngọn 18V có dạng như đường biểu diễn hình 8.3. Nguồn điện áp này được ổn áp trong từng bán kỳ của dòng điện xoay chiều.

Như vậy, ở từng bán kỳ tụ C_6 sẽ nạp qua transisto T_3, và khi đạt điện áp đỉnh của UJT thì T_4 cho ra xung kích đầu tiên, trong bán kỳ đó, để kích điều khiển SCR_1-SCR_2. Mỗi bán kỳ đều có xung kích nên hai SCR sẽ luân phiên dẫn điện để cấp dòng kích từ cho cuộn dây phần cảm.



V_1 : nắn toàn kỳ không lọc

V_2 : điện áp cắt ngọn để điều khiển đồng bộ

Hình 8.3: Dạng sóng nguồn đồng bộ

5) Mạch nắn điện công suất

Cầu diod D_9-D_{10}-SCR_1-SCR_2 đổi từ nguồn xoay chiều pha L_3-N ra một chiều để tạo dòng điện kích từ I_F thay đổi được. Dòng kích từ là những bán kỳ dương, lần lượt qua SCR_1-SCR_2 xuống mass rồi qua cuộn kích từ trở về nguồn xoay chiều qua D_9-D_{10}. Như vậy, điện áp trên cuộn kích từ so với mass là điện áp âm.

Diod D_4 ghép song song cuộn kích từ có tác dụng nối tắt điện áp ngược do cuộc kích từ tạo ra, khi cuộn dây bị mất điện, tránh hư các linh kiện điện tử trong mạch.

6) Mạch hồi tiếp

Cầu phân áp C_{11}-R_{24}-R_{25} lấy một phần điện áp âm trên cuộn kích từ đưa về điều chỉnh lại phân cực cho cực B_1.

Mạch làm việc theo nguyên lý hồi tiếp âm như sau:

+ Nếu điện áp ra của máy phát tăng ⇒ điện áp mẫu V_S tăng ⇒ T_2 chạy mạnh, T_1 chạy yếu ⇒ T_3 dẫn yếu ⇒ tụ T_6 nạp chậm ⇒ xung kích trễ ⇒ dòng điện kích từ giảm nên điện áp âm trên cuộn kích từ giảm (mức điện áp âm giảm được hiểu là điện áp ra được tăng lên) ⇒ điện áp hồi tiếp V_F tăng lên làm tăng phân cực T_1 ⇒ T_1 chạy mạnh hơn.

Như vậy, mạch hồi tiếp có tác dụng giảm độ nhạy của mạch khuếch đại so sánh. Biến trở V_{R2} dùng để chỉnh mức hồi tiếp âm.

7) Các mạch điều khiển phụ khác

a) Mạch điều chỉnh sức điện động ra của máy phát:

Biến trở V_{R1} để chỉnh mức điện áp mẫu V_S sẽ làm thay đổi sức điện động ra của máy phát.

Khi chỉnh V_S giảm (giảm trị số V_{R1}) ⇒ T_2 dẫn yếu, T_1 dẫn mạnh ⇒ T_3 dẫn mạnh ⇒ tụ C_6 nạp nhanh ⇒ xung kích sớm ⇒ tăng dòng kích từ ⇒ tăng cường độ từ trường cực đại B_m ⇒ tăng sức điện động ra.

Để tránh trường hợp điều chỉnh V_S quá thấp sẽ làm sức điện động ra tăng quá cao, người ta dùng diod D_3 lấy điện áp chuẩn V_R = 12V (do Zener Z_1) giảm qua D_3 mức điện áp V_D = 0,7V, nối vào cực B_2.

Như vậy, điện áp V_{B2} tức là điện áp mẫu V_S sẽ có giá trị nhỏ nhất là:

$$V_{Smin} = V_R - V_D = 12V - 0,7V = 11,3V$$

Ở mức điện áp mẫu V_{Smin} = 11,3V thì sức điện động ra của máy phát giữa các pha sẽ có giá trị cực đại khoảng 420V (= 380V +10%).

b) Mạch khởi động kích từ không qua SCR :

Nguyên lý làm việc của máy phát là khi khởi động phải có từ trường phần cảm trước, cuộc dây phần ứng quay trong từ trường của phần cảm mới cho ra dòng điện xoay chiều. Như vậy, khi máy phát chưa phát ra sức điện động thì chưa có nguồn để cấp dòng điện kích từ. Từ trường ban đầu chính là từ dư trong lõi thép của phần cảm và từ dư chỉ có giá trị khoảng 10% từ trường cực đại cần thiết cho máy phát.

Khi máy phát bắt đầu làm việc, sức điện động ra cũng có giá trị khoảng 10% giá trị danh định (thí dụ: 22V/38V). Lúc đó, điện áp ra ở cuộn thứ cấp biến áp điều khiển cũng chỉ khoảng 2,4V và không đủ để cấp cho cuộn dây K tác động. Tiếp điểm thường đóng K vẫn kín, làm nối tắt hai diod D_5-D_6 xuống mass thay hai SCR. Nguồn điện pha L_3-N sẽ được nắn điện trực tiếp qua cầu diod D_5-D_6-D_9-D_{10} để cấp dòng kích từ cho cuộn cảm, làm tăng nhanh từ trường trong lõi thép, để tăng nhanh sức điện động ra.

Khi sức điện động ra đạt giá trị danh định 220V/380V thì điện áp cuộn thứ đạt trị số 24V, cuộn dây K đủ lực hút sẽ làm hở tiếp điểm K. Lúc đó, dòng điện kích từ được cung cấp qua cầu diod SCR_1-SCR_2-D_9-D_{10} sẽ được điều chỉnh theo xung kích sớm hay trễ bởi mạch AVR.

§ 8.4- MẠCH AVR TRONG MÁY PHÁT BA PHA CÔNG SUẤT NHỎ

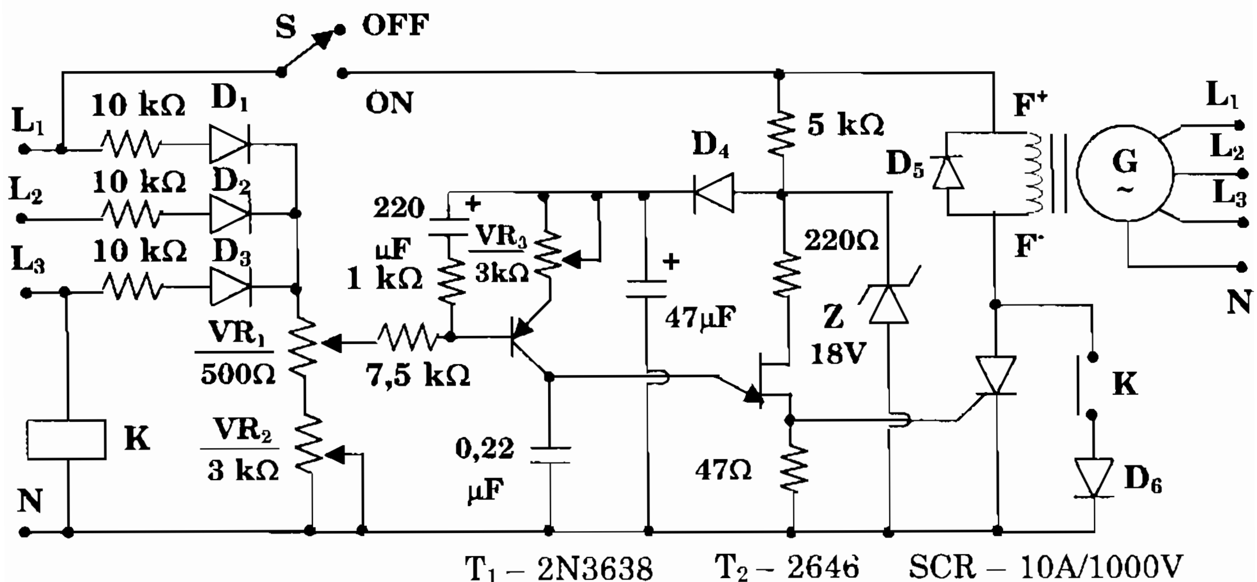
Các máy phát ba pha công suất nhỏ, mạch AVR có sơ đồ đơn giản hơn nhưng vẫn hoạt động theo nguyên lý lấy sức điện động ra của máy phát thay đổi góc kích của xung điều khiển dòng điện kích từ, để thay đổi từ trường cực đại B_m.

Các sơ đồ được giới thiệu dưới đây có thêm hai nguyên lý khác với sơ đồ hình 8.2 là:

- Điện áp mẫu V_S là điện áp lấy sau mạch nắn điện ba pha (lấy từ ba pha của máy phát). Như thế sẽ tránh được trường hợp mạch điều chỉnh sai khi điện áp ba pha mất đối xứng. Giả sử điện áp dây pha 1-2 tăng nhưng pha 3 giảm thì mạch AVR sẽ điều chỉnh làm xung kích trễ và dòng điện kích từ bị giảm xuống, nên điện áp kích từ lấy giữa pha 3 và N lại càng bị giảm. Do đó, nguồn điện áp kích từ cũng nên lấy qua mạch nắn điện ba pha để có mức điện áp trung bình.

- Đối với tác dụng cảm biến để tự động điều chỉnh nên thực hiện cả cảm biến điện áp và dòng điện tải ba pha của máy phát điện. Khi máy phát đang tải có công suất lớn đột ngột thì điện áp ra sẽ bị giảm, nhờ có hồi tiếp dương dòng điện thì mạch AVR mới có khả năng ổn định điện áp kịp thời.

1) Sơ đồ 1



Hình 8.4 : Mạch AVR của máy phát công suất nhỏ (sơ đồ 1)

Ba diod D_1-D_2-D_3 là mạch nắn điện bán kỳ ba pha (kiểu hình tia) để tạo được điện áp mẫu V_S phân cực cho cực B của T_1.

Hai transistor T_1 và T_2 là mạch dao động tích thoát nạp ổn dòng. Xung nhọn ra ở cực B_1 của T_3 (T_3 là transistor đơn nối UJT) để kích cho cực G của SCR.

Nguồn một chiều cấp cho T_2 là mạch nắn điện không lọc (lấy từ pha L_1) có Zener giới hạn ở mức 18V. Nếu nguồn có bán kỳ dương thì Zener ghim áp ở 18V, nếu nguồn có bán kỳ âm thì diod Zener được phân cực thuận nên nối tắt và hai transistor T_1-T_2 sẽ không hoạt động. Đây là nguồn điện đồng bộ cấp cho mạch dao động tích thoát.

Diod D_4 và tụ 47μF lấy từ nguồn nắn điện không lọc trên Zener, cho ra nguồn một chiều lọc thẳng hàng để cấp cho T_2 là transistor cấp dòng cho tụ 0,22μF.

Mạch AVR làm việc theo nguyên lý sau:

- Khi sức điện động của máy phát tăng ⇒ V_{B1} tăng ⇒ phân cực V_{BE1} giảm nên T_1 dẫn yếu ⇒ tụ C = 0,22μF nạp chậm cho ra xung kích trễ nên dòng điện kích từ qua SCR bị giảm xuống.

Rơ-le K có tiếp điểm thường đóng K, kết hợp với diod D_6 để làm nhiệm vụ kích từ trực tiếp không qua SCR, khi máy phát khởi động, để tăng nhanh điện áp ra của máy phát.

Diod D_5 dùng để nối tắt điện áp ngược do cuộn kích từ tạo ra khi bị mất dòng kích từ đột ngột.

2) Sơ đồ 2

Điện áp pha L_1 để cấp cho cuộn kích từ, qua cầu diod nắn điện không lọc và SCR. Điện áp ra sau cầu diod còn dùng để cấp nguồn đồng bộ cho mạch dao động tạo xung, nhờ mạch cắt ngọn bằng diod Zener 18V và điện trở 1kΩ.

Mạch hồi tiếp âm điện áp lấy ở thứ cấp biến áp ba pha TR. Mạch hồi tiếp dương dòng điện được lấy ở thứ cấp của bộ biến dòng CT_1-CT_2-CT_3.

Mạch hồi tiếp điện áp và dòng điện cho ra tín hiệu trừ nhau trên biến trở 100Ω rồi ba pha qua mạch nắn toàn kỳ dùng sáu diod để tạo điện áp một chiều phân nguồn cực cho T_2 nhờ biến trở 5kΩ.

Mạch AVR làm việc theo nguyên lý sau:

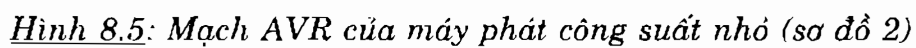
- Khi điện áp ra của máy phát tăng ⇒ V_{B2} tăng ⇒ T_2 dẫn yếu (vì là loại PNP) ⇒ tụ 1μF nạp chậm ⇒ xung kích trễ để giảm dòng kích từ và ngược lại.

- Khi dòng điện tải của máy phát tăng ⇒ V_{B2} giảm ⇒ T_2 dẫn mạnh ⇒ tụ 1μF nạp nhanh ⇒ xung kích sớm để tăng dòng kích từ và ngược lại.

Transistor T_1 có tác dụng đảm bảo chính xác thời điểm tạo xung cần thiết để kích SCR trong mỗi bán kỳ của điện áp nguồn. Giả sử cuối bán kỳ trước, tụ C chưa xả hết điện thì lúc đó V_{B1} = 0V nên T_1 bão hòa. Tụ 1μF sẽ xả điện nhanh qua T_1. Nhờ đó, ở bán kỳ sau tụ C_3 lại được nạp điện từ đầu bán kỳ ở mức 0V.

Cầu phân áp 5μF-1kΩ-10kΩ qua tụ 5μF-22kΩ đưa vào cực B_2 là mạch hồi tiếp để tránh hiện tượng điện áp ra của máy phát bị dao động khi mạch AVR làm việc.

Rơ-le K làm nhiệm vụ kích từ trực tiếp không qua SCR khi máy phát khởi động để tăng nhanh điện áp.



Hình 8.5: Mạch AVR của máy phát công suất nhỏ (sơ đồ 2)

ĐÓN ĐỌC CÁC BỘ GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT CỦA CÙNG TÁC GIẢ

* GIÁO TRÌNH ĐIỆN TỬ KỸ THUẬT

1) - Linh kiện điện tử (tái bản lần thứ 8)
2) - Mạch điện tử - tập 1 (tái bản lần thứ 3)
3) - Mạch điện tử - tập 2 (tái bản lần thứ 2)
4) - Mạch điện tử - tập 3 (sắp xuất bản)
5) - Mạch số – tập 1,2 (sắp xuất bản)
6) - Mạch tương tự (đã xuất bản)

* GIÁO TRÌNH ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP

1) - Linh kiện điều khiển. Điện một chiều công nghiệp (tái bản lần thứ 4)
2) - Kỹ thuật xung căn bản và nâng cao (tái bản lần thứ 3)
3) - Điện tử ứng dụng trong công nghiệp- tập 1 (tái bản lần thứ 4)
4) - Điện tử ứng dụng trong công nghiệp- tập 2 (sắp xuất bản)
5) - Điện tử công suất (tái bản lần thứ 2)

* GIÁO TRÌNH ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

1) - Điện kỹ thuật (sắp xuất bản)
2) - Đo lường điện và không điện (sắp xuất bản)
3) - Khí cụ điện – Cảm biến (sắp xuất bản)
4) - Trang bị điện (sắp xuất bản)

* GIÁO TRÌNH ĐIỆN TỬ TỰ ĐỘNG HÓA

1) - Ứng dụng PLC Siemens và Moeller trong tự động hóa (tái bản lần thứ 2)
2) - Tự động hoá với PLC và Inverter của Omron (tái bản lần thứ 1)
3) - Lập trình tự động hoá với PLC S7-200 của Siemens (sắp xuất bản)
4) - Cảm biến - Ứng dụng trong đo lường và điều khiển (sắp xuất bản)
5) - Trang bị điện không tiếp điểm-Thang máy công nghiệp (sắp xuất bản)

Giá: 22.000 đồng